Aus der Chirurgischen Universitätsklinik und Poliklinik Würzburg

Direktor: Prof. Dr. med. E. Kern

ERGEBNISSE DER KONSERVATIVEN THERAPIE VON HUMERUSSCHAFTFRAKTUREN

(Auswertung des ambulanten und stationären Krankengutes der Chirurgischen Universitätsklinik und Poliklinik Würzburg von 1969 - 1975)

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Rudolf Schneider

aus Hohenweiler/Weissenburg i.Bay.

Würzburg, 1. Mai 1980

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik und Poliklinik Würzburg

Direktor: Prof. Dr. med. E. Kern

ERGEBNISSE DER KONSERVATIVEN THERAPIE VON HUMERUSSCHAFTFRAKTUREN

(Auswertung des ambulanten und stationären Krankengutes der Chirurgischen Universitätsklinik und Poliklinik Würzburg von 1969 - 1975)

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Rudolf Schneider

aus Hohenweiler/Weissenburg i.Bay.

Würzburg, 1. Mai 1980

Referent:	Priv. Doz. Dr. med. B. Friedrich
Korreferent:	Prof. Dr. med. E. Kern
Dekan:	Prof. Dr. med. K.-H. Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 14.7.1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg

Dem Kinderarzt, Erzieher und Schriftsteller

J A N U S Z K O R C Z A K

1878 - 1942

zum 100. Geburtstag gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

A. Einleitung 1

B. Allgemeine Vorbemerkungen und Literaturüberblick 3

1. Anatomie 3
2. Frakturursachen und Frakturformen 7
3. Komplikationsmöglichkeiten bei Humerusschaftfrakturen 12
3.1. Wund- und Knocheninfektion (Osteitis) 12
3.2. Durchblutungsstörungen 13
3.3. Radialisverletzungen 14
3.4. Ruheschäden an Muskulatur, Knochen und Gelenken 17
4. Frakturheilung und -heilungsstörungen 18
4.1. Frakturheilung 18
a. Sekundäre Knochenbruchheilung 18
b. Primäre Knochenbruchheilung 20
4.2. Störungen im Heilungsverlauf: Pseudarthrose 22

C. Therapie 25

1. Therapeutische Sonderstellung des Oberarmschaftes 25
2. Historische Entwicklung 26
3. Behandlungsverfahren 27
3.1. Konservative Behandlung 29
3.2. Operative Behandlung 37
3.3. Therapie der kindlichen Humerusschaftfraktur 41
3.4. Therapie der Radialisverletzungen 43
3.5. Nachbehandlung der Humerusschaftfraktur 44

D. Beobachtungsgut und Methode: Auswertung der Krankenunterlagen sowie Nachuntersuchung 46

INHALTSVERZEICHNIS

E. Ergebnisse 51

F. Diskussion der Untersuchungsergebnisse 66

G. Zusammenfassung 79

H. Literaturverzeichnis

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543512_0137

A. EINLEITUNG

Hand in Hand mit der Technisierung und Motorisierung nimmt die Zahl der Unfälle von Jahr zu Jahr zu; neben Arbeits- und Sportverletzungen sind es in erster Linie die Verkehrsunfälle.

Knochenbrüche sind die häufigsten Folgen schwerer Traumen. Der Oberarm steht dabei mit einer Quote von 6-8% weit hinter der mit 25% häufigsten Lokalisation aller Frakturen, dem Vorderarm. Durchschnittlich in der Hälfte der Fälle ist der Oberarmschaft betroffen (33).

Die Einteilung der Oberarmbrüche in Frakturen des proximalen und distalen Endes sowie des Schaftes erfolgt aus Gründen der Funktion und der Beschaffenheit des Knochens. Diese Aufschlüsselung findet ihre Berechtigung in den unterschiedlichen Behandlungsmaßnahmen und Komplikationen, die den Humerusschaft unter den Brüchen der langen Röhrenknochen eine Sonderstellung einnehmen lassen (78).

Obwohl nämlich nur rund 3% aller Frakturen (33) - nach Mann und Neal (47) nur 1% - den Oberarmschaft betreffen, ist die Problematik ihrer Behandlung unverkennbar, was auch aus zahlreichen Veröffentlichungen ersichtlich wird. Wie immer, wenn es um Fragen der konservativen und operativen Behandlung geht, prallen unterschiedliche Meinungen aufeinander.

Gerade in einer Zeit, die der operativen Frakturbehandlung so erhebliche Beachtung schenkt, scheint es wichtig, auch für die Therapie der Oberarmschaftfrakturen eine Standortbestimmung vorzunehmen. Denn häufig steht bei der Diskussion um die bestmögliche Behandlung nur noch die Art der Osteosynthese, nicht aber ihre Notwendigkeit in Frage.
So nimmt es nicht Wunder, daß vorübergehend versucht wurde, dem operativen Vorgehen auch bei der Therapie des Oberarmschaftbruches einen größeren Platz als früher einzuräumen.

Dennoch gilt der Oberarmschaftbruch auch heute noch als Domäne der unblutigen Behandlung entsprechend Lorenz Böhler (7), der ihn als den "gutartigsten aller Schaftbrüche" bezeichnet. Er lasse sich, von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen, immer konservativ behandeln (7).

An diese Problematik anknüpfend, werden die Ergebnisse 56 konservativ versorgter Humerusschaftfrakturen von Patienten, die in der Zeit von Juli 1969 bis Ende 1975 an der Chirurgischen Universitätsklinik und Poliklinik Würzburg teils ambulant, teils stationär behandelt wurden, dargelegt.
An Hand dieses Krankengutes soll versucht werden, die einzelnen Behandlungsarten, Indikationsbereiche und maßgeblichen Faktoren für die konservative Therapie des Oberarmschaftbruches, sowie mögliche Komplikationen aufzuzeigen.

B. ALLGEMEINE VORBEMERKUNGEN UND LITERATURÜBERBLICK

1. Anatomie (5, 84, 91)

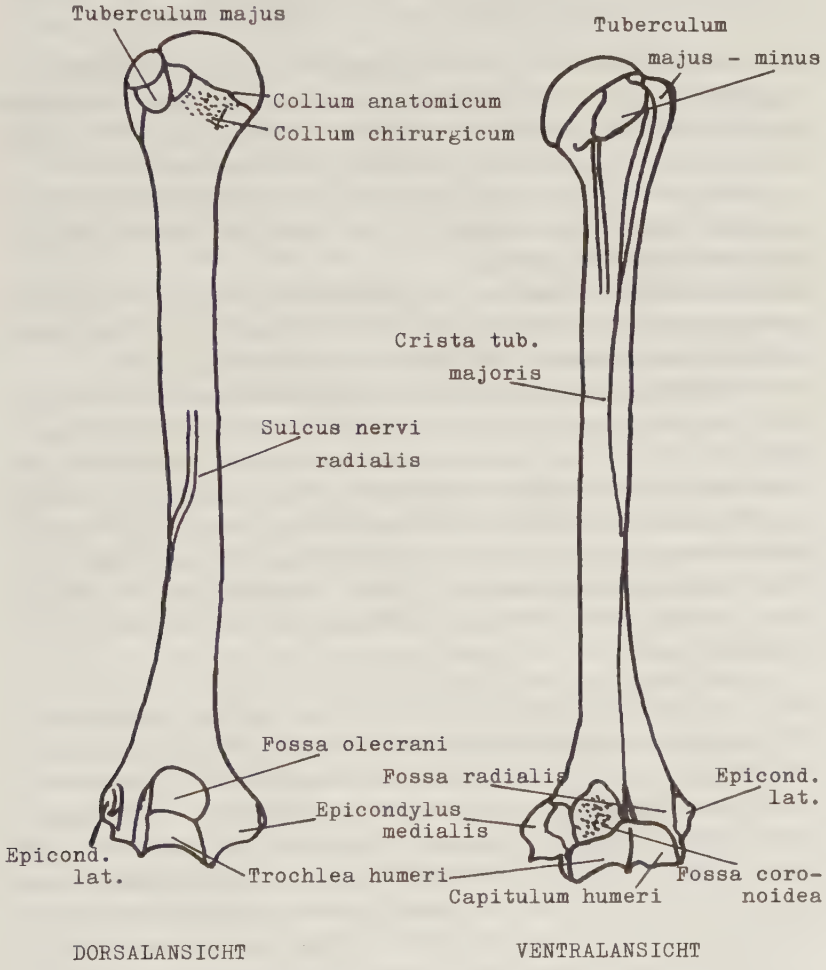


Abb. 1: Linkes Oberarmbein
nach Benninghoff - Goerttler (5)

Da sowohl die Frakturformen mit ihren Komplikationen als auch die therapeutischen Möglichkeiten von den anatomischen Verhältnissen des Oberarms geprägt werden, soll an dieser Stelle kurz auf die Anatomie des Humerus eingegangen werden.

Beim Menschen hat die obere Extremität die Funktion des Greiforgans mit großer Beweglichkeit gegenüber der als Stützorgan ausgebildeten unteren Gliedmaße. Der Oberarm bildet mit dem Schulterblatt und dem Schlüsselbein das knöcherne Skelett der Schulter. Er ist ein im Mittelstück zylindrischer Röhrenknochen, dessen überknorpelter Kopf nach oben medial gegen die Schulterpfanne weist.
Das schräg verlaufende Collum anatomicum dient der Schultergelenkskapsel als Ansatz und liegt proximal der beiden tastbar hervorspringenden Tubercula majus und minus.
Das Tuberculum majus als lateralster Knochenpunkt der Schulter ist Ansatzstelle der Mm. supraspinatus, infraspinatus und teres minor. Am ventralwärts gerichteten Tuberculum minus inseriert die knöcherne Sehne des M. subscapularis. Oberhalb des Ansatzpunktes des M. pectoralis major an der Crista tuberculi majoris liegt das Collum chirurgicum, eine häufige Bruchstelle des Humerus. Die Crista tuberculi minoris bildet eine ventral davon gelegene Muskelleiste (Ansatz des M. latissimus dorsi und M. teres major)(5, 33, 84, 91).

Im Schaftbereich, der sich nach Keys Definition (37) vom oberen Ansatzende des M. pectoralis major bis unmittelbar oberhalb der suprakondylären Erhebung erstreckt, sind zwei Strukturen von Bedeutung: Zum einen die Tuberositas deltoidea, eine V-förmige Aufrauhung knapp oberhalb der Mitte des Humerus für den gleichnamigen Muskel. Zum anderen der Sulcus nervi radialis, in dem der Speichennerv zusammen mit der A. profunda brachii in einer flachen Rinne von proximal medial (auf der Dorsalfläche) nach distal lateral zieht. Dieser Sulcus im Bereich der unteren Hälfte des mittleren Drittels kann nach Riethus (72) in sehr seltenen Fällen rinnenförmig

geformt sein, wodurch der Radialisnerv seitlich fast vollständig fixiert wird und bei Frakturen in dieser Höhe einer Läsion besonders ausgesetzt ist. Allgemein aber wird beschrieben, daß der Nerv gut verschieblich auf dem Humerus liege. Whitson (97) fand in eigenen Studien sogar, daß der Nerv bei seinem Verlauf an der Dorsalfläche den Knochen meist nicht unmittelbar berühre, vielmehr durch Muskelfasern des Triceps von diesem getrennt werde.
Weitere Untersuchungen Whitsons (97) ergaben zudem, daß der Speichennerv bei seinem Durchtritt durch das Septum intermusculare laterale am unteren Drittelpunkt des Oberarmschaftes nahezu unverschieblich in einer engen, bindegewebigen Lücke fixiert ist. Danach verläuft er zwischen den Mm. brachioradialis und brachialis und gelangt in die Ellenbeuge, in der er sich in seine Endäste, einen Ramus superficialis und Ramus profundus aufteilt.

Das breite distale Humerusende bilden die deutlich tastbaren Epicondyli medialis und lateralis mit Ursprung vieler Unterarmbeuge- und Streckmuskeln. Die Artikulation mit Radius und Ulna stellen die beiden überknorpelten Gelenkflächen, Capitulum humeri und Trochlea humeri, her.

Das Relief des Humerus ist bestimmt durch die große Zahl von Muskeln, die dort ihren Ansatz und Ursprung haben. Durch sie ergeben sich die verschiedenen Dislokationsmöglichkeiten bei Frakturen. Die Muskeln sind in einfacher Weise durch die Septa intermuscularia laterale und mediale, die als Fortsetzung der Oberarmfaszie in die Tiefe zum Humerus ziehen, in eine Beugerloge und eine Streckerloge getrennt (s. Abb. 2).

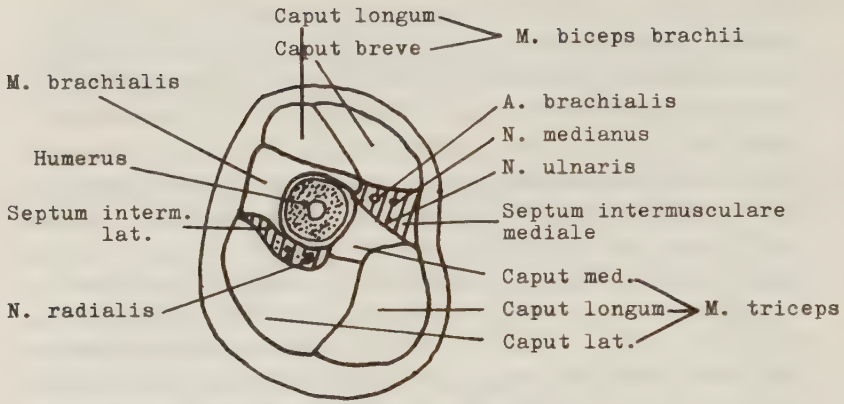


Abb. 2: Querschnitt durch die Mitte des Oberarms
Modifiziert nach Waldeyer (91)

Die ventrale Beugerloge mit den Mm. brachialis, coracobrachialis und biceps umgibt den Humerus schalenförmig, so daß der in ihr ziehende Gefäß-Nervenstrang mit der A. brachialis und den Nn. medianus und ulnaris weitgehend geschont liegt. Allenfalls wird der M. brachialis durch Oberarmbrüche mitverletzt. Wenn jedoch bei besonders schweren Traumen die A. brachialis verletzt ist, sollte die Möglichkeit einer "hohen Teilung" des Gefäßes in etwa 15% berücksichtigt werden; d.h. die A. brachii profunda geht weit proximal ab, wodurch die oberflächliche Arterie ohne Gefahr für den Arm unterbunden werden kann (91).

Die dorsal gelegene Streckerloge enthält neben dem M. triceps den N. radialis und den N. ulnaris, der nach Passage des Septum intermusculare mediale, eingebettet in die Fasern des mittleren Tricepskopfes, zum Ellenbogen zieht. Hier liegt er hinter dem Epicondylus medialis dicht unter der Haut und kann gegen den Knochen ("Musikantenknochen") gepreßt und schmerzhaft fühlbar werden (91).

2. Frakturursachen und Frakturformen

Unter einem Knochenbruch versteht man eine Trennung des Knochenzusammenhanges mit daraus folgender Störung oder Unterbrechung der Kraftübertragung (33).

Die Mehrzahl der Oberarmschaftfrakturen entsteht durch direkte Gewalteinwirkungen (7, 33, 57). Durch Stoß, Schlag oder Fall frakturiert der Knochen an der Stelle der einwirkenden Gewalt, meist in Form von Quer- oder Splitterbrüchen. Letzteres gilt vor allem für den Schußbruch des Oberarms, der in Kriegszeiten mit 35% als häufigster aller Röhrenknochenschußbrüche auftrat (33).

Etwas seltener bekommt man indirekte, durch Fall auf Hand oder Ellenbogen verursachte Brüche zu sehen. Oft ist ein zusätzlicher Torsionsmechanismus im Spiel, der zu den dann typischen Spiralfrakturen führt (33).

Sehr selten tritt am Humerus auch ein Diaphysenbruch durch Muskelzug allein auf, wie z.B. beim Schlag ins Leere, beim Werfen von Diskus, Steinen etc., mit typischer Frakturlokalisation unterhalb des Deltoideusansatzes (7).

Brismar, Spangen und Whitaker (10, 96) berichten über kuriose Fälle von Spiralfrakturen am Oberarm durch "arm wrestling": Hierbei sitzen sich zwei Kontrahenten Arm an Arm gegenüber, den Ellenbogen auf fester Unterlage, und versuchen, jeweils den Vorderarm des Gegners niederzudrücken. Es entwickelt sich im Schultergelenk durch Anspannung der Mm. pectoralis major, subscapularis, teres major und latissimus dorsi eine starke, den Oberarm nach innen rotierende Kraft, während das Ellenbogengelenk durch den Biceps, Brachialis und Brachioradialis fixiert ist. Durch das seitliche Niederdrücken des Vorderarms entsteht im Humerus eine immense Torsionsspannung, die zur Fraktur führen kann.

Allgemein wird die Form einer Fraktur durch die Art der Gewalteinwirkung und die Festigkeit des Knochens bestimmt. Im gesunden Knochen ist die Druckfestigkeit größer als die Zugfestigkeit. Letztere beträgt ca. 1000 kg/cm^2 und wird durch die vorwiegend kollagenen Fasern im Knochenmark erzielt, während die Biegungs- und Druckfestigkeit von ca. 1200 kg/cm^2 Folge der in die kollagenen und elastischen Fasern eingelagerten Kristallite ist und zudem durch die Flüssigkeit in den Haverschen Kanälen erhöht wird.
Am geringsten ist die Tangentialbelastung mit nur 50-60% der Druckbelastbarkeit (1, 26).

Dies zeigt, daß der Knochen vorwiegend auf Druck gebaut ist. Sehr viele Frakturen entstehen daher durch Biegung oder Zerrung, wobei der Bruch senkrecht zur Zugrichtung erfolgt. Abb. 3 soll dies veranschaulichen.

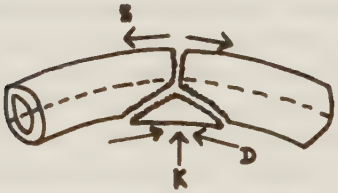


Abb. 3: Schematische Darstellung einer Biegungsfraktur
Modifiziert nach Willenegger (1)

K.....Einwirkende Gewalt
Z.....Zugspannung
D.....Druckspannung

Entsprechend überwiegen auch am Oberarm mit je 25% die Biegungs-, Spiral- und Querbrüche gegenüber den Mehrfragmentbrüchen mit 14% und den Schrägbrüchen mit 11% (57).

Bei Kindern sind Humerusschaftfrakturen häufig unvollständige Brüche, meist in Form von Infraktionen - die Corticalis ist nur auf einer Seite eingebrochen - oder in Form von Grünholz- bzw. subperiostalen Frakturen, wobei der feste und elastische Periostschlauch den gebrochenen Knochen wie eine Bandage zusammenhält (33).

Bei vollständigen Frakturen richtet sich die Dislokation der Fragmente ganz nach der Muskelretraktion. Brüche im oberen Drittel des Humerusschaftes führen zu einer Valgus - Rekurvationsstellung: Der M. pectoralis zieht das proximale Fragment nach innen und dorsal, während gleichzeitig der M. deltoideus das distale Fragment nach außen zieht. Demgegenüber zeigen Brüche im mittleren Drittel eine Varus - Antekurvationsdeformität: Der M. deltoideus bewegt das proximale Fragment nach außen, der M. pectoralis das distale nach innen, wobei es durch den Zug des M. triceps zu einer starken Verkürzung kommt.
Im unteren Drittel des Humerus schließlich wird das distale Fragment durch den M. brachialis nach vorn geknickt und durch den M. pronator teres in Varusstellung gezogen (33).

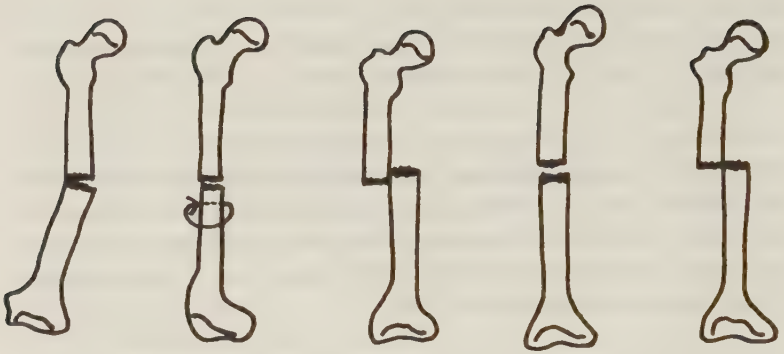


Abb. 4: Dislokationsmöglichkeiten bei Frakturen
nach Kern (36)

a.....Dislocatio ad axim
b.....Dislocatio ad peripheriam
c.....Dislocatio ad longitudinem cum contractione
d.....Dislocatio ad longitudinem cum distractione
e.....Dislocatio ad latus

Für die Therapie ist von Wichtigkeit, daß auch am Oberarm jede Dislocatio ad peripheriam korrigiert werden muß, da sonst bleibende Rotationsfehlstellungen drohen (78).
Eine Achsenknickung bis zu 20^{o} hingegen gilt als unbedenklich, und eine geringgradige Verkürzung ist bei kindlichen Frakturen sogar erwünscht (7, 76).
Eine Distraktion der Fragmente allerdings, die mit Vorliebe bei Frakturen des Olecranon und der Patella zu finden ist, am Oberarm jedoch nahezu ausschließlich durch eine Drahtextension mit Überkorrektur erzeugt wird, gilt als wesentlicher Faktor für die Auslösung bzw. Begünstigung einer Pseudarthrose (7, 50, 76, 78, 89).

Durchschnittlich 5,9% aller Humerusfrakturen sind nach einer Sammelstatistik (89) offen; d.h. es liegt eine Verletzung der Haut über der Frakturstelle vor. Die offene Fraktur bedeutet immer erhöhte Infektionsgefahr.
Dabei werden drei Schweregrade abgegrenzt, die erhebliche Bedeutung für die Therapie und Prognose besitzen (1, 26).

I. Grad: Verletzung der Haut infolge Durchspießung von innen ohne erhebliche Schädigung der übrigen Gewebe. Die Infektionsgefahr ist gering.

II. Grad: Verletzung der Haut und der darunter liegenden Gewebe von außen durch den Verletzungsmechanismus. Meist große, klaffende Wunde mit erheblicher Infektionsgefahr.

III. Grad: Ausgedehnte Eröffnung der Fraktur mit zusätzlichen Komplikationen in Form von Nerven-, Arterien- oder Muskel- und Sehnenverletzungen.

3. Komplikationsmöglichkeiten bei Humerusschaftfrakturen

3.1. Wund- und Knocheninfektion (Osteitis):

Bei jeder Hautverletzung über der Fraktur, sei sie durch direkte Gewalteinwirkung von außen oder durch Fragmenteinwirkung von innen entstanden, muß mit einer bakteriellen Kontamination der Wunde gerechnet und die Entstehung einer lokalen oder progredienten Infektion des Gewebes bedacht werden. Stets droht dabei eine bakterielle Allgemeininfektion und die Gefahr einer Osteitis. Letztere ist zwar am Oberarm infolge seines kräftigen Muskelmantels selten, aber ihre Quote wird nach operativen Behandlungen dennoch mit 1-2% angegeben (78).

Eine direkte Infektion erfolgt meist durch eine offene Fraktur oder durch die operative Versorgung einer primär geschlossenen Fraktur. Ein Problem von besonderer Bedeutung stellen hierbei die weitgehend therapieresistenten, durch unkontrollierten Antibiotikaeinsatz bedingten sog. Hospitalkeime dar. Das bunte Erregermosaik umfaßt meist Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa sowie einige Proteusstämme, die für jeden Krankenhausbetrieb eine ständige Gefährdung bedeuten (1, 33, 36).

Indirekte, hämatogene Infektionen treten am häufigsten im Kindesalter auf. Ursache sind meist fokale Herde wie Tonsillitis, Furunkel, Karbunkel u.a.. Nicht selten manifestiert sich eine septische Knochenentzündung im Bereich der Markhöhle ("Markphlegmone") mit Sequestrierung von Knochenfragmenten und oft hartnäckigen Fisteleiterungen. Es kommt zur röntgenologisch sichtbaren Ausbildung einer tragfähigen periostalen Callusbrücke um die nekrotischen Knochenpartikel ("Totenlade") (36).

3.2. Durchblutungsschäden:

Nur sehr selten resultieren Durchblutungsstörungen auch am Oberarm aus direkten Gefäßverletzungen, wie sie z.B. durch Rupturierung einer Hauptarterie durch die frakturierende Gewalt des Trauma oder indirekt durch dislozierte Fragmente möglich sind (1, 26).

Bei jeder Fraktur werden aber Gefäße im Knochen, im Mark, im Periostbereich und evtl. auch benachbarte Gefäße mitverletzt. Je nach Größe und Zahl der verletzten Arterien kommt es zu einem unterschiedlich stark ausgeprägten Frakturhämatom. Der Hämatomdruck kann Gefäßkompressionen hervorrufen, worunter insbesondere der venöse Abfluß leidet. Da vor allem die Muskulatur sehr empfindlich auf ischämische Noxen reagiert, kann es zur Kontraktur einzelner Muskeln oder Muskelgruppen kommen (1, 33).

Ähnliche Folgen können komprimierende, circuläre Verbände, die zu fest angelegt oder nicht rechtzeitig gespalten wurden, nach sich ziehen.
Die Zirkulationsstörungen treten dabei meist in Form einer venösen Stase, erkennbar an Cyanose und Schwellung, sehr selten als arterielle Durchblutungsstörungen, erkennbar an Blässe, Beeinträchtigung der Sensibilität und Störung der Motorik, in Erscheinung (1).
Es sei hier nur kurz auf die Volkmannsche Kontraktur hingewiesen, - Folge von Kompressionsschäden des Frakturhämatoms oder infolge schlechter zirkulärer Gipsverbände -,mit einer arteriellen und venösen Durchblutungsstörung des Vorderarmes und Beeinträchtigung der sensorischen und motorischen Nervenleitung und ischämischer Kontraktur der Muskulatur. Am Oberarm extrem selten auftretend, ist sie vor allem eine schwere Kom-

plikation bei Ellenbogenfrakturen im Kindesalter (1, 2).

Chronische Durchblutungsstörungen können evtl. auch durch Extensionsbehandlung verursacht sein, die aber am Oberarm so gut wie nicht mehr benutzt wird. Dabei führt ein zu starker Dauerzug durch einen chronischen Reizzustand zu Gefäßspasmen mit Bildung eines verzögerten, minderwertigen Callus (1, 33).

3.3. Radialisverletzungen:

Entsprechend seinem anatomischen Verlauf ist der N. radialis besonders bei Frakturen im mittleren Drittel gefährdet, in dem nahezu 70% aller Radialisverletzungen lokalisiert sind (48).

Eine primäre Läsion kann einerseits durch den frakturierten Knochen selbst ausgelöst werden, dessen spitze Fragmente ihn aufspießen oder durchschneiden können. Zudem kann der Nerv zwischen den Fragmenten eingeklemmt werden. Radialisparesen können aber auch durch die operative Behandlung der Fraktur hervorgerufen werden, wobei oft die Entfernung des Osteosynthesematerials eine noch größere Gefahr für den Nerv bedeutet als die primäre Verplattung (62). Die Rate der primären Radialisparesen wird in der Literatur je nach Krankengut sehr unterschiedlich angegeben. Sie reicht von 1,8% (35) bis 18% (47, 48). Nach einer großen Zusammenstellung darf man sie auf durchschnittlich 7,9% beziffern (62).

Radialisschädigungen können sich nach einer Humerusfraktur aber auch erst allmählich durch zunehmende Kompression entwickeln. Sie werden dann als sekundär bezeichnet und haben ihre Ursache in einer Ummauerung

des Nerven durch narbiges Bindegewebe oder sogar durch Callus. Ebenso können aber auch mehrmalige Repositionsversuche sowie Schwellungen unter einem komprimierenden circulären Verband den Radialis schädigen.

Das Ausmaß einer Funktionsstörung läßt sich meist einem der drei Typen von Nervenläsionen zuordnen (62):

Neurapraxie im Sinne einer Drucklähmung, wobei es nur zu einer lokalen Demyelinisierung der Markscheide kommt. Diese leichte Druckschädigung geht normalerweise ohne Degeneration des Nerven einher und dauert z.T. nur wenige Stunden, meist aber einige Tage bis Wochen an. Eine operative Freilegung des Nerven mit Verlagerung in eine möglichst nicht traumatisierte Umgebung - meist die Beugeseite des Oberarms - wird nur selten bei fortbestehender Druckeinwirkung erforderlich (62).

Axonotmesis als Unterbrechung des Achsenzylinders, z.B. bei einer Nervenquetschung. Da die Nervenhüllstrukturen erhalten bleiben, wird der jeweilige degenerierte Achsenzylinderstumpf von dem auswachsenden Fortsatz der identischen Faser ersetzt. Dies hat prognostische und therapeutische Bedeutung, denn es ergibt sich eine Wiederherstellung der Funktion in der Regel ohne operative Therapie.

Neurotmesis als komplette Lähmung infolge einer vollständigen Durchtrennung des Nerven. Da hier die gesamte innere Struktur an der Läsionsstelle aufgehoben ist, kann der entstandene Defekt nicht ohne Durchführung einer Nervennaht überbrückt werden. Zur Frage nach dem günstigsten Operationszeitpunkt s.C.3.4..

Die Diagnostik der Radialisläsionen ist vor allem durch seine motorischen Ausfälle gekennzeichnet. Obwohl er ein gemischter Nerv ist, ist der sensible Ausfall bei einer Läsion oft nicht nachweisbar oder zumindest sehr klein, da er Anastomosen mit anderen Nerven eingeht. Als Autonomgebiet des sensiblen Anteils des Radialisnerven gilt der Bereich zwischen Metacarpale I und II. Die komplette Radialisparese führt zum klinischen Bilde der Fallhand durch Ausfall der Extensoren des Handgelenks. Ferner versagt die Streckung im Metacarpophalangealgelenk und die Abduktion des Daumens (62, 91).

Da die Rami musculares des Radialisnerven in verschiedener Höhe vom Nervenstamm abgehen, kann es bei einer Läsion des Nerven an gleicher Stelle oft zu ganz verschiedenartigen Ausfallserscheinungen kommen. Die am Oberarm normalerweise vorzufindende Höhenlokalisation der abgehenden Muskeläste zeigt Abb. 5.

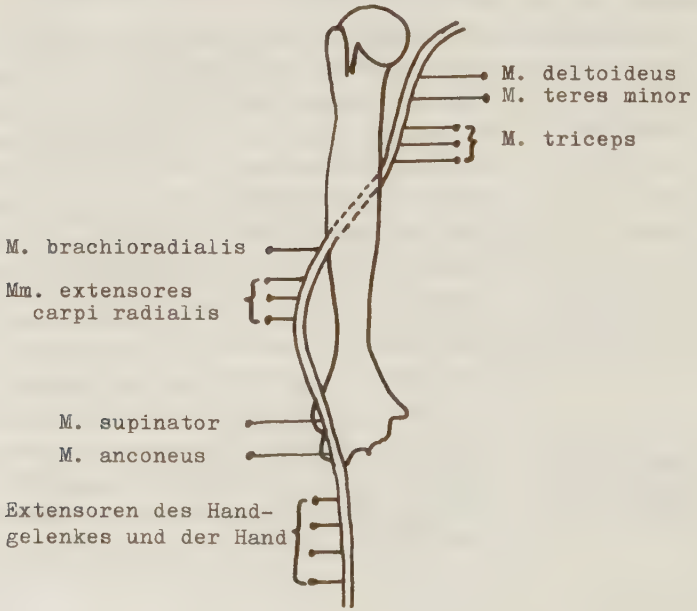


Abb. 5: Motorische Äste des N. radialis; nach Mast (48)

Gelegentlich aber gehen die Äste für die Extensoren der Hand so hoch ab, daß sie bei Läsionen des Nervenstammes im unteren Humerusdrittel funktionstüchtig bleiben (21, 48, 62).

Relativ selten ist eine Humerusschaftfraktur durch eine Medianus- oder Ulnarisparese kompliziert, da beide Nerven in diesem Abschnitt nicht in der näheren Umgebung des Radialisnerven verlaufen (91).

3.4. Ruheschäden an Muskulatur, Knochen und Gelenken:

Jede längere Ruhigstellung oder schmerzbedingte Schonhaltung führt zu trophischen Störungen des Bewegungsapparates mit unterschiedlich stark ausgeprägter Funktionsbeeinträchtigung, bevorzugt bei älteren Menschen.

Am Oberarm kann die Immobilisation durch fixierende (Gips-) Verbände vor allem eine Schultersteife, in geringerem Ausmaß auch eine Ellenbogengelenkssteife nach sich ziehen. Ihr muß und kann durch intensive Nachbehandlung begegnet werden (s. C.3.5.).

Die Gelenksteifigkeit beruht einerseits auf einer Kontraktur der Antagonisten, andererseits auf Fibrosierungen und Schrumpfungen der Gelenkkapsel mit intraartikulären Verklebungen. Erste Folgeerscheinung einer Ruhigstellung ist aber immer eine mehr oder minder starke Muskelatrophie, von der auch der durch Osteosynthese versorgte Arm nicht verschont bleibt, da seine Beanspruchung durch natürliche Schonhaltung ebenfalls vermindert ist.
Auch der Knochen zeigt eine Atrophie, die in schweren Fällen bis zur hochgradigen Osteoporose mit Auflockerung der Knochenbälkchen führt (1, 67).

Eine besonders schwere Komplikation stellt die Sudecksche Dystrophie dar, die zwar beim Oberarmschaftbruch so gut wie nie vorkommt, wegen der Schwere des Krankheitsbildes aber erwähnt werden muß. Als deren Ursache werden diskutiert konstitutionelle Momente, neurohormonale Regulationsstörungen sowie die Schädigung vegetativer Nerven, die zu einer gestörten Blutzirkulation im Frakturbereich und distal davon führt. Klinisch finden sich je nach Stadium eine starke Muskel- und Knochenatrophie mit ausgeprägter neurovaskulärer Komponente, Zirkulationsstörungen mit Zyanose, meist chronische Weichteilschwellung, Rötung, Hyperhidrosis, schmerzhafte Verdickung der Gelenke neben Muskelschwäche und Areflexien. Unbehandelt kann es zur völligen Gebrauchsunfähigkeit der Gliedmaße kommen (17, 99).

4. Frakturheilung und -heilungsstörungen

4.1. Frakturheilung:

Jede Fraktur löst eine reparative Entzündung aus, die letztendlich zur Resorption des Hämatoms, zur Vernarbung und zur knöchernen Überbrückung des Frakturspaltes führt.

Galt bis vor kurzem noch die Bildung von Callus als Grundlage jeder Frakturheilung, so zeigen neuere klinische und experimentelle Forschungsergebnisse aber, daß es zwei verschiedene Arten von Knochenheilung zu geben scheint. Diese fassen wir heute unter den Begriffen "primäre" und "sekundäre" Knochenheilung zusammen (27, 55):

a. "Sekundäre" Knochenbruchheilung:

Diese Heilungsart bezeichnen wir auch als "spontane Knochenheilung", da grundsätzlich jeder Knochenbruch

ohne Zutun des Arztes heilen kann. Dazu gehört sowohl die Knochenheilung onne Frakturbehandlung, als auch diejenige nach instabiler äußerer oder innerer Schienung der Fragmentstücke. Charakteristisch hierfür ist die Ausbildung des röntgenologisch sichtbaren Callus.
Perren (55) bezeichnet inn als "Gesamtheit des bindegewebigen, knorpeligen und knöchernen Verbindungsgewebes sowohl der periostalen und endostalen Manschette als auch des interfragmentären Zwischengewebes".

Die Herkunft der Bindegewebszellen, die sich später zu den Osteoblasten und Osteocyten differenzieren, ist noch nicht restlos geklärt. Im wesentlichen hat sich heute die Meinung dahingehend durchgesetzt, daß der biologische Heilungsablauf seinen Ausgang von der Umdifferenzierung des Frakturhämatoms und des Bindegewebes nimmt, wobei die primären Träger der Reparation Periost und Endost sind (39).

Biomechanisch führt der Callus zur zunehmend steiferen Verbindung und Immobilisation der Fragmente. Der bewegungsinduzierte "Reizcallus" (33) wird durch zunehmende Ossifikation mit Einlagerung kristalliner Elemente zum Fixationscallus, wodurch die Fraktur endgültig stabilisiert wird. In einer zweiten Phase erfolgen Abbau und Umbau. Der unregelmäßig angeordnete Fixationscallus wird durch lamelläre Knochenbälkchen ersetzt, welche sich entsprechend der funktionellen Beanspruchung ordnen.
Es kommt zur Wiederherstellung der Kompactakontinuität, der periostale Callus wird teilweise resorbiert. Über die möglicne Belastbarkeit muß neben der klinischen Prüfung der Röntgenbefund mitentscheiden (98).

b. "Primäre" Knochenheilung:

Voraussetzung für die primäre Knochenbruchheilung ist Stabilität im Frakturbereich, die in der Regel nur durch eine stabile Osteosynthese zu erzielen ist.

"Ohne die Zwischenschaltung von Narbengewebe kommt es hierbei zwischen in festem Kontakt stehenden Frakturenden zu einer gegenseitigen Verzapfung durch neue Osteone, die von einem in das andere Fragmentende hinüberwachsen und so zu einer festen Verbindung im Frakturbereich führen. Das Einwachsen dieser neuen, longitudinal ausgerichteten Osteone geschieht derart, daß Osteoklasten einen Resorptionskanal geradezu ausbohren, in dem unmittelbar anschließend kapilläre Gefäße und Osteoblasten auftreten, die den neugeschaffenen Kanal in lamellärer Struktur knöchern wieder auffüllen. Der unmittelbare Zusammenhang dieser direkten Heilungsvorgänge mit dem Einsprossen der Gefäße führte zu der heute ebenfalls geläufigen Bezeichnung "angiogene" Knochenheilung.

Auch wenn bei stabiler Fixation der Bruchenden kein engster Kontakt vorhanden ist, sondern noch kleine Spaltbildungen zwischen den Fragmentenden bestehen bleiben, kann es dennoch zur angiogenen Heilung kommen, sofern die Stabilisierung nur fest genug ist. Es tritt auch hier kein intermediäres Stützgewebe auf, sondern es kommt zum Einsprossen kapillärer Blutgefäße, wiederum gefolgt von Osteoblasten, die rasch die lamellären Knochenstrukturen aufbauen" (27).

Das Bild der Frakturheilung ist nach Perren (55) durch diese neuen Erkenntnisse nicht komplizierter, sondern wesentlich einfacher geworden. Denn die biomechanische Induktion der Knochenregeneration gilt sowohl für die Frakturheilung nach stabiler Osteosynthese als auch für die spontane Knochenbruchheilung.

Abb. 6 stellt zusammenfassend die Faktoren der biomechanischen Induktion der Knochenheilung dar.

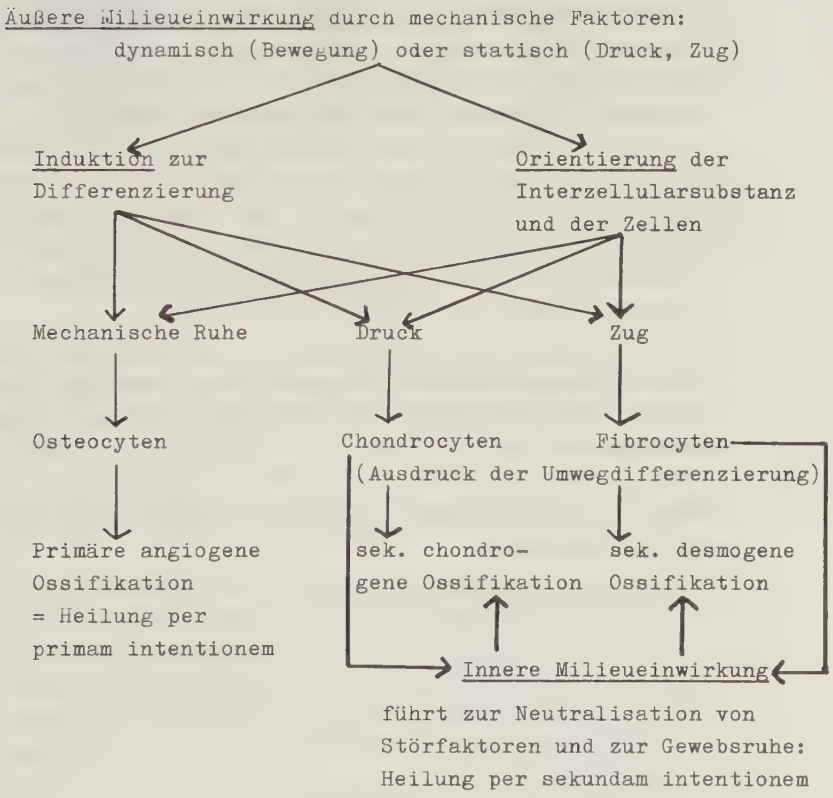


Abb. 6: Biomechanik der Knochenbruchheilung
(vereinfacht nach Knöfler (39))

4.2. Störungen im Heilungsverlauf: Pseudarthrose

Die Pseudarthrose steht am Ende jeder erfolglosen Knochenbruchheilung. Es ist das Stadium der Nichtheilung einer Fraktur ("Nonunion") und von der verzögerten ("delayed") Heilung abzugrenzen. Die eigentliche Pseudarthrose mit Bildung einer gelenkartigen Verbindung zwischen den sklerosierten und devitalisierten Fragmentenden ist selten geworden. Meistens handelt es sich heute um Frakturen, deren Fragmentenden durch fibrokartilaginäres Gewebe verbunden sind und daher in variablem Ausmaß Wackelbewegungen zeigen. Rehn (70) bezeichnet die Pseudarthrose daher als den "Endzustand einer Fraktur mit fibröser und knorpeliger Callusbildung und Erschöpfung der Regeneration".

In der Praxis spricht man nach der Fraktur eines langen Röhrenknochens von einer Pseudarthrose, wenn nach einem halben Jahr noch keine Konsolidierung der Fraktur eingetreten ist (3).

Nach Kern (36) und Rehn (70) unterscheidet man 3 Formen der Pseudarthrose:

a. Die hyperämische oder reaktive Pseudarthrose. Ihre Enden sind kolbig aufgetrieben und sklerosiert, daher auch der Name "Elefantenfußpseudarthrose". Sie ist gekennzeichnet durch gute Vaskularisation mit überschießender Reaktion im Sinne einer osteogenen Hyperplasie. Sie kann allein durch Ruhigstellung ausheilen (3).
b. Die anämische Pseudarthrose infolge gestörter Durchblutung der Knochenenden. Für eine erfolgreiche Therapie ist meist neben einer Ruhigstellung eine zusätzliche osteogenetische Maßnahme erforderlich (Anlage von autologer Spongiosa).
c. Die Defektpseudarthrose, Folge ausgesprengter oder fehlender Knochenfragmente.

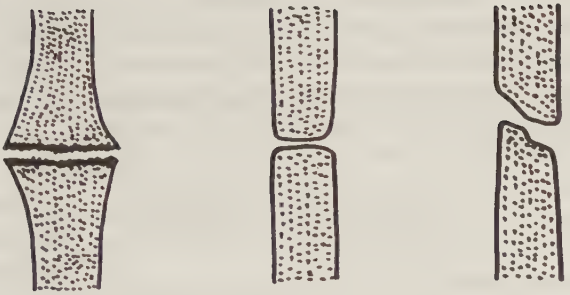


Abb. 7: Pseudarthroseformen (nach Kern (36))
Erläuterungen s. Text

Für das Zustandekommen einer Pseudarthrose werden ursächlich neben sehr seltenen allgemeinen Faktoren - Störungen im Hormon-, Vitamin- und Mineralstoffwechsel - lokale Faktoren - Zirkulationsstörungen (Hypoxie), Infektionen, Interposition von Weichteilen - angeschuldigt (3, 6, 13, 32, 33, 38, 63, 68, 70, 90).

Loomer und Kokan (45) kamen zu der Überzeugung, daß gerade das mittlere Drittel des Humerus eine Prädilektionsstelle für eine verzögerte Konsolidierung darstellt. Sie führen dies auf eine frakturbedingte Verletzung der in dieser Höhe gelegenen nutritiven Hauptarterie zurück. Zusätzlich konnten sie die interessante Beobachtung machen, daß nahezu die Hälfte ihrer Patienten Alkoholiker waren. Daher halten sie einen Zusammenhang zwischen Pseudarthrosehäufigkeit und Alkoholabusus für wahrscheinlich.

Auf den Oberarmschaft bezogen geben Muhr, Tscherne und Zech (57) anhand einer Sammelstatistik an, daß von insgesamt 1638 Frakturen dieser Lokalisation die Pseudarthrose-

rate von 0,6 % bei konservativer Therapie (1517 Fälle) auf 7,5 % bei operativem Vorgehen (121 Fälle) ansteigt; d.h., daß nach Osteosynthesen die Quote der verzögerten Heilung um mehr als das Zehnfache zunimmt. Diese Angaben werden durch viele andere Untersucher gestützt (Tab. 1).

	Nach konserv. Therapie	Nach op. Therapie	Gesamtzahl der Pseudarthrosen
Harms und Arens(32)	8	22	30
Radloff und Groher(68)	7	23	30
Lob (zitiert in 8)	0	22	22
Paul (63)	1	13	14
Voorhoeve und Sternemann (90)	13	73	86

Tab. 1: Pseudarthrosehäufigkeit bei konservativer und operativer Therapie von Humerusschaftfrakturen

Die angeführten Zahlen verdeutlichen, daß bei konservativer Therapie die Oberarmpseudarthrose eine seltene Komplikation darstellt, die meist durch Distraktion der Fragmente sowie durch ungenügend lange und unzureichende Ruhigstellung, ferner durch wiederholte Korrekturversuche hervorgerufen wird (3).

Der hohe Anteil der Pseudarthrosen nach operativer Erstversorgung resultiert fast ausschließlich aus der Wahl eines ungeeigneten Operationsverfahrens bzw. fehlerhafter Technik. Die Folge ist eine instabile Osteosynthese, eine Zerstörung der Knochendurchblutung, oft mit Nekrose und Sequesterbildung, und damit Ausbleiben der Knochenbruchheilung.

C. THERAPIE

1. Therapeutische Sonderstellung des Oberarmschaftes

Die Behandlung des Humerusschaftbruches wird von einigen anatomischen Besonderheiten bestimmt, die ihm unter den Frakturen der langen Röhrenknochen eine Sonderstellung einräumen:

- Der Oberarm ist kein Gewicht tragender Knochen. Er ist im Gegensatz zur unteren Extremität, die hauptsächlich statische Aufgaben zu erfüllen hat, axialen Druckkräften nicht ausgesetzt. Aus dieser Sicht ist eine Verschiebung der Fragmente bis um volle Schaftbreite noch unbedenklich, und gekoppelt mit einer Verkürzung zwischen 1 und 10 mm sogar erwünscht. Daher ist weniger die anatomisch exakte Wiederherstellung als vielmehr die funktionsgerechte Reposition zu fordern (7, 48, 57).

- Der Humerus ist der beweglichste unter den langen Röhrenknochen. Eine sonderlich strenge Ruhigstellung ist nicht erforderlich, zumal das frei bewegliche Humeroscapulargelenk die Torsionsbelastung, unter der der Oberarm steht, vermindert (34).

- Ein gut entwickelter Muskelmantel umgibt allseits den Humerus, so daß nur 5,9 % aller Frakturen offen sind (89).

- Die Retention und Reposition der Fragmente wird erleichtert einerseits durch die physiologische Hängeposition des Oberarms, andererseits durch die Relaxation der ihn umgebenden Muskulatur unter dem Einfluß der Schwerkraft. Eine "kosmetische" Fehlstellung bleibt zudem hinter dem ausgeprägten Weichteilmantel verborgen (48).

- Eine Begleitverletzung des N. radialis ist wegen seiner engen Nachbarschaft zum Humerus eine nicht seltene Komplikation. Dennoch überwiegen insgesamt gesehen die Formen ohne Nervenläsion.

- Da der Markraum des Humerus in verschiedenen Höhen in Form und Weite stark variiert und zudem eine Krümmung des Schaftes besteht, ist eine Stabilisierung durch einen intramedullären Kraftträger erschwert (5).

- Da der Humerus statischen Belastungen nicht ausgesetzt ist, kann bei Abwesenheit komplizierender Nebenverletzungen eine ambulante Behandlung durchgeführt werden (57).

2. Historische Entwicklung

Uralt und einem steten Wandel unterworfen sind die therapeutischen Bemühungen um Extremitätenfrakturen. Bereits bei Hippokrates bestand die Behandlung in geschickt angelegten Schienenverbänden (73). Nahezu bis zur Jahrhundertwende beruhte dann die Fixation der Knochenfragmente auf Lagerung und Schienung mittels Tüchern und Binden. Obwohl bereits von den ersten "Gipsumgießungen" frakturierter Knochen im 10. Jahrhundert durch die Araber berichtet wird, dauerte es bis 1852, ehe Matthysen (49) eine Kombination von Gips und Bindematerial gelang, die den danach benannten Gipsverband zu großer Beliebtheit führte. Aber die mangelnde Erfahrung in der Verbandstechnik brachte anfangs verheerende Nebenwirkungen wie Gelenkversteifung, hochgradige Muskelatrophien, Druckknekrosen, Kontrakturen u.a.. So vermochte sich der Gipsverband erst zum Ende des 19. Jahrhunderts endgültig gegenüber den anderen Verbänden durchzusetzen, wie z.B. den Tripolithverband, das Zelluloid und den lange Zeit

beliebten Wasserglasverband, der aber den entscheidenden Nachteil einer 24- bis 48 stündigen Aushärtungszeit hatte (73).

Die operative Knochenbruchbehandlung hatte inre ersten, oft von Rückschlägen begleiteten Ansätze um die Jahrhundertwende mit dem Beginn der Antisepsis und Asepsis. Doch infolge Mangels an Technik und Material blieben vorerst nur solche Frakturen der Operation vorbehalten, die durch konservative oder funktionelle Therapie zu keiner Konsolidierung führten. Erst 1940 erhielt die Osteosynthese durch den von Küntscher eingeführten Marknagel einen wesentlichen Aufschwung. Die immer wieder angestrebte funktionell stabile Osteosynthese wurde Anfangs der fünfziger Jahre zunächst experimentell erprobt und ist inzwischen zum chirurgischen Allgemeingut geworden. Damit ist ein entscheidender Fortschritt in der operativen Frakturbehandlung erreicht worden (54).

3. Behandlungsverfahren

Das oberste Ziel jeder Frakturbehandlung liegt in der Wiederherstellung der Funktion der verletzten Extremität (36). Dabei ist die Aufgabe der Therapie eine zweifache: Einerseits die anatomische Heilung, d.h. in bestmöglicher Stellung, andererseits die funktionelle Heilung, d.h. mit bester Gebrauchsfähigkeit (33). Entsprechend diesen Anforderungen standen sich noch bis zum Ende des 19. Jahrhunderts zwei Gruppen mit entgegengesetzten Behandlungsthesen gegenüber.

Die Gruppe um den Franzosen Lucas – Championnière (16) plädierte unter dem Motto: "Bewegung ist Leben" für die rein funktionelle Behandlung unter Verwerfung jeder längeren Ruhigstellung und Vernachlässigung jeder anatomisch korrekten Fragmentstellung, um die oft erschreckenden Spätfolgen zu vermeiden.

Die Gegner dieser Behandlungsform hielten die exakte anatomische Heilung für das Wichtigste, der erst im Anschluß die funktionelle Behandlung folgen sollte (73).

Heutzutage versucht man, durch entsprechende Verbände eine gute anatomische Heilung und durch gleichzeitige aktive Übungsmaßnahmen eine gute funktionelle Heilung zu erzielen (33).

Heilung bedeutet daher nicht einfach knöcherne Konsolidierung, sondern vollkommene Wiederherstellung der Extremität als Ganzes. Daraus ergeben sich nach Böhler (6) die Grundprinzipien jeder zweckmäßigen Therapie:

- Reposition
- Fixation bzw. Retention
- Mobilisation im Sinne einer aktiven Bewegungsübung

Prinzipiell kann eine Fraktur konservativ, funktionell oder operativ behandelt werden. Die Grundlage jeder Frakturbehandlung ist die konservative Therapie (6, 7).
Dennoch gibt es Frakturen, die nur durch eine Osteosynthese eine optimale Behandlung erfahren. Dazu gehören Frakturen mit Unterbrechung des Streckapparates (Patella, Olecranon), die meisten Gelenkbrüche, Abrißfrakturen mit Diastase, sowie Pseudarthrosen, pathologische Frakturen u.a..

Andere Frakturen dagegen sind vorwiegend der konservativen Therapie vorbehalten. Neben Calcaneus- und Naviculare frakturen, den Clavicula-, Rippen-, Wirbelsäulen-, Beckenfrakturen und dem Gros der kindlichen Frakturen zählen hierzu auch die Oberarmschaftbrüche. Daß letztere aber eine Domäne der konservativen Therapie seien, wie sie von Böhler (7), Dintimille (20), Frank (23), Nitzsche (59), Rueff und Pelzl (76) u.a. verfochten wird, blieb nicht unwidersprochen. Vor allem Hackethal, Küntscher und Müller (42, 54) berichten über gute Ergebnisse der primär operativen Behandlung.

Im folgenden sollen die einzelnen Behandlungsverfahren für Humerusschaftfrakturen mit ihren Vor- und Nachteilen näher beschrieben werden.

3.1. Die konservative und funktionelle Behandlung

Die konservative Therapie muß ebenso wie die operative individuell angepaßt werden. Es gibt kein Verfahren, das für alle Patienten geeignet wäre. Der zweckmäßigste Therapieplan muß viele Faktoren berücksichtigen, wie das Alter des Patienten, die Stärke des den Humerus umgebenden Muskelmantels, die Frakturform und Frakturlokalisation, den Grad der Fehlstellung und nicht zuletzt das Vorliegen und die Schwere von Begleitverletzungen (34). Daß sich im Laufe der Zeit gerade die Behandlungsmethoden für die Fraktur im Oberarmschaftbereich änderten, beschreibt besonders eindrucksvoll Lorenz Böhler (7), der ein außerordentlich umfangreiches Krankengut überblicken kann:

"Von 1914 - 1940 habe ich die meisten Oberarmschaftbrüche auf der Abduktionsschiene nach Christen und nur ausnahmsweise mit einer U-Schiene und nie operativ behandelt. Von 1941 - 1945 habe ich ungefähr 30 Fälle mit dem Marknagel nach Küntscher versorgt. In den folgenden Jahren habe ich wieder die Abduktionsschiene gebraucht. Von 1947 - 1961 habe ich die U-Schiene verwandt. Seit 1962 legen wir in der Regel nur einen Desaultschen Verband an."

Weiter bemerkt er:

"Ich habe 50 Jahre gebraucht, bis ich zur einfachsten Behandlung der frischen Oberarmschaftbrüche mit dem Desault-Verband gekommen bin. Sie kann gewöhnlich ambulant durchgeführt werden. Ich bin nur bei der Marknagelung der Versuchung zur Operation erlegen."

a. Abduktionsverbände

Die gebräuchlichsten Formen der Abduktionsverbände sind der Thoraxabduktionsgips und die Abduktionsschiene. Frakturen im proximalen Humerusdrittel werden dabei in etwa 30°-, Frakturen im mittleren und distalen Drittel in bis zu 90°- Abduktion ruhiggestellt. Zudem sollte der Arm um 30° antevertiert und im Ellenbogen 90° flektiert werden (33).
Nach Böhler (6) geht die Entwicklung des Abduktionsverbandes u.a. auf die Fehlinterpretation des Begriffes "Mittelstellung" eines Gelenkes zurück. Denn für die Erhaltung der Funktion einer Extremität ist nicht diese, sondern seine Ruhestellung von ausschlaggebender Bedeutung.
Wegen der unphysiologischen Ruhigstellung, die auf einer Abduktionsschiene zudem noch unzureichend ist, wurden die Abduktionsverbände nahezu völlig wieder verlassen (6).

Ihre Applikation führt daneben häufig zur Distraktion der Fragmente und zur Dislokation, wobei das distale Fragment meist nach hinten abweicht. Für alte und adipöse Patienten ist er außerdem sehr belastend und unangenehm, da er zu erheblichen Einschränkungen der Atemfunktion führen kann (28, 65).

b. Extensionsbehandlung

Früher ebenfalls häufiger in Anwendung, ist die Extensionsbehandlung heute weitgehend beschränkt auf Mehrfragmentbrüche mit ausgedehnten Weichteilverletzungen, die infolge direkter Unfallmechanismen meist im proximalen Humerusdrittel lokalisiert sind. Daneben umfaßt ihr Indikationsgebiet noch Brüche, die wegen zu starken Muskelzuges zu einer neuerlichen Verschiebung neigen oder sich durch einmaligen Zug nicht befriedigend reponieren ließen (34).
Da ihre Anwendung an einen stationären Aufenthalt gebunden ist, wird sie benutzt, wenn Begleitverletzungen oder andere

medizinische Gründe eine ambulante Behandlung verbieten. Wegen der Gefahr der Distraktion der Fragmente muß ihre Applikation aber auf kurze Zeitintervalle beschränkt bleiben. Spätestens nach 8 Tagen, wenn sich ein weicher Callus gebildet hat, sollte die Extension entfernt werden (48).

Eine ganze Palette technischer Varianten wurde im Laufe der Zeit entwickelt. Eine heute noch geläufige Anwendung, die allerdings vorwiegend auf ellenbogengelenksnahe Oberarmbrüche beschränkt ist, stellt die Drahtextension durch das Olecranon dar. Ein durch das Olecranon eingebrachter Kirschner-Draht oder Steinmann-Nagel wird durch entsprechende Anordnung eines Rollenzuges vertikal oder lateral extendiert. Die vertikale Zugvorrichtung wird auch als "overhead traction" bezeichnet (34). Für die Belastung genügen je nach Alter meist 1-2 kg, so daß die Bruchflächen miteinander in Berührung kommen.
Seltenere Verfahren sind Dauerzugverbände mit an der Haut angreifender Zugwirkung, wie der Heftpflasterzug oder der Trikotschlauchzug mittels Stülpa und Tubegauze (33).
Nicht mehr in Anwendung ist der Transfixationsgipsverband wegen der zu großen Gefahr des Auseinanderweichens der Bruchstücke und des zu großen technischen Aufwandes: Mit je einem Extensionsdraht mit Bügel durch das distale und proximale Fragment mußte die Reposition hergestellt, unter Dauerzug eingestellt und in Gips fixiert werden.
Brewka (9) allerdings räumt der Extensionsbehandlung immer noch einen höheren Stellenwert ein. Allein 36 von 86 konservativ behandelten Brüchen am Oberarmschaft versorgte er auf diese Weise. Er bevorzugt einen Abduktionsextensionsschienenverband und zieht diesen dem Desault-Verband besonders bei Spiral- und Trümmerfrakturen vor. Er hält ihm zugute, daß bei richtigem Sitz die Eigenschwere des Armes nicht zu einer Distraktion der Fragmente führe, und zudem die Stärke des Extensionszuges genau einstellbar sei.

Böhler (7) und Friedrich (28) lehnen dagegen die Drahtextension wegen der besonders bei Quer- und kurzen Schrägbrüchen gegebenen Gefahr der Pseudarthrose infolge Distraktion ab.

Gut bewährt haben sich dagegen in der konservativen Therapie von Humerusschaftfrakturen die Adduktions- und Thoracobrachialverbände wie der U-Gips nach Böhler, der Hängegips nach Caldwell mit seinen Modifikationen, der Desault-Verband, der Velpeau-Verband und der Brust-Arm-Gipsverband.

c. Desault-Verband

Er ist der seit längerem - von Böhler wird er seit 1962 durchgeführt - am häufigsten verwandte und beliebteste Verband für Frakturen des Humerusschaftes, aber auch für die Retention von Schulterluxationen. Seine Entwicklung hat wesentlich mit dazu beigetragen, daß die Oberarmschaftfraktur eine Domäne der konservativen Therapie geblieben ist (7, 34, 51, 52, 57, 65, 89).

Der Desault-Verband stellt im Prinzip nur eine Schienung des Oberarmes an den Thorax dar. Er wird am Verletzten mit herabhängendem, rechtwinklig gebeugtem Ellenbogen angelegt. Die Beseitigung einer Verdrehung und die erzeugte Verkürzung sind dabei die wichtigsten Kriterien des Repositionserfolges (57, 89).
Der Desault-Verband wird für ca. 3 Wochen belassen. Anschliessend wird von vielen Autoren eine Ruhigstellung im U-Gips oder Hängegips empfohlen, die bei Drehbrüchen 2-3 Wochen, bei den übrigen Brüchen, vor allem Querbrüchen, 3-5 Wochen betragen sollte (7, 57, 65, 89).

Eine modifizierte Form dieses Verbandes wird von Moshfegh (52) angegeben, der im Gegensatz zum klassischen Desault-Verband den Ellenbogen freiläßt und den leicht supinierten und in 80° gebeugten Vorderarm in einer Schlinge hält.

Er hält diesen Verband für ausreichend, da das Gewicht des freien Ellenbogens und des Vorderarmes dem Muskelzug des Oberarmes entgegenwirke, und so die verschiedenen Zug- und Biegekräfte zum Großteil ausgeglichen würden.

Eine weitere Modifikation stellt der Verband nach Gilchrist dar, der nur einen Tube-Gauz-Schlauch von 4-facher Armlänge erforderlich macht. Nach Einbringen des gesamten Armes in diesen Schlauchverband wird sein eines Ende um den Nacken gelegt und bei rechtwinklig gebeugtem Ellenbogen am distalen Unterarm fixiert. Das andere Ende wird um den Thorax geführt und am distalen Oberarm fixiert (24). Als Indikation für den Gilchrist-Verband werden subcapitale Humerusfrakturen mit in guter Stellung eingestauchtem Kopf, Abriß des Tuberculum majus sowie reponierte Luxationen im Acromio-Clavicular-Gelenk angegeben (24).

Während Brewka (9) und Holm (34) den Desault-Verband wegen der geringen Behinderung vorwiegend bei kindlichen Frakturen und gelegentlich bei gebrechlichen Patienten einsetzten, kann er nach Böhler u.a. (6, 7, 23, 57, 59, 89) ohne sonderliche Einschränkungen in allen Altersstufen angewandt werden, wobei bei reinen Querbrüchen ohne Seitenverschiebung und Verkürzung die Bruchstücke zusammengestaucht werden müssen. Tscherne (65) zieht lediglich bei hochbetagten Patienten und einigen Frakturen mit Lokalisation im distalen Drittel eine Gips-U-Schiene dem Desault-Verband vor. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Vorteile dieser Behandlungsart vor allem bei Quer- und Stückfrakturen liegen. Ihre Applikation erfolgt einfach, schnell (nach Böhler in 10-15 min.) und nicht zuletzt kostensparend. Denn mit dem Desault-Verband ist eine fast ausschließlich ambulante Behandlung möglich (7).

d. U-Schiene nach Böhler

Diese Art der Frakturversorgung fand bevorzugt in den 50er und Anfang der 60er Jahre Anwendung, ehe sie durch die Entwicklung des Desault-Verbandes mehr und mehr an Bedeutung in der Therapie der Humerusschaftfraktur einbüßte. Heutzutage wird sie häufig - wie oben erwähnt - in Kombination mit dem Desault-Verband, aber nur noch selten alleine eingesetzt.

Nach Polsterung der vorspringenden Knochenpunkte wird eine U-förmige Gipslonguette von der Achselhöhle über den Ellenbogen bis zur Schulterhöhe angelegt. Diese wird mit einer Binde am Oberarm und mit einer Spica humeri ascendens an der Schulter fixiert. Nach Abschwellung kann der Verband mit 1-2 zirkulären Gipsbinden verstärkt und verfestigt werden (33). Auch hier muß vornehmlich bei Querfrakturen eine Stauchung erfolgen, um einer Diastase der Fragmentenden vorzubeugen. Bei Frakturen im distalen Drittel tritt Poigenfürst (65) für eine Verlängerung des Gipsverbandes auf Vorderarm und Handrücken ein.

Mast (48) und Holm (34) bevorzugen die U-Gipsschiene - ebenso wie den Desault-Verband - bei Querfrakturen, da sie die Fraktur zu stabilisieren vermag, ohne eine Distraktion zu erzeugen.

Da sich der U-Gips normalerweise nicht über den Vorderarm erstreckt, können Handgelenk, Unterarm und auch das Ellenbogengelenk meist sofort aktiv bewegt werden, ähnlich dem Desault-Verband, aber im Gegensatz zum "hanging cast", der keine Beweglichkeit im Ellenbogen gestattet. Weitere Vorteile sind durch die Fixation des Oberarms in seiner physiologischen Hängelage gegeben, die zu einer guten Einstellung der Bruchachse führt. Er ist angenehm für den Träger und kann auch bei älteren, oft respiratorisch insuffizienten Patienten angewandt werden, ohne eine Atembehinderung hervorzurufen(51, 57, 89).

Von sehr guten Resultaten berichtet Cartner (14) mit einem modifizierten Verfahren der U-Gipsschiene, kombiniert mit einer Baumwollschlinge. Es wird ähnlich dem Gilchrist-Verband ein ca. 1,5 m langer "Baumwollstrumpf" angelegt, dessen eines Ende als circulär geschlossene Binde die gebrochene Extremität vom Ellenbogen bis zur Schulter umfaßt, während das andere Ende das Handgelenk des frakturierten Oberarmes gleich einer Manschette einschließt. Der Nacken des Verletzten dient dabei als Hypomochlion, so daß der Arm in einer rechtwinklig gebeugten Stellung gehalten wird. Der Oberarm wird sodann mit einer Gipslonguette umgeben und mit Binden fixiert. Cartner stellt als Vorteile dieser Methode heraus: Keinerlei Heilungsstörungen, weder Schulter- noch Ellenbogensteife, leichtes Anlegen des Verbandes, keine Behinderung des Patienten während der Behandlung und sichere Ruhigstellung.

e. Hängegips ("hanging cast") und Hängeverband

Der Hängegips ist erstmals von Caldwell 1933 als "long-arm hanging cast" beschrieben worden, der sich vom Handgelenk über den rechtwinklig gebeugten Ellenbogen bis unmittelbar unter den Humerushals erstreckt. Das Schultergelenk bleibt frei. Daher kann sofort mit aktiven Bewegungsübungen begonnen werden, die durch Tonisierung der Muskulatur einer Distraktion vorbeugen, zudem eine Schultersubluxation und Kapselverklebung verhindern (34, 48). Der Vorderarm wird in einer Schlinge mit verstellbarer Manschette gehalten: Durch Pronation des Vorderarms kann eine Varusdeformität, durch Supination eine Valgusdeformität korrigiert werden.
Holm (34) gibt als primäre Indikation für den "hanging cast" Frakturen mit Fehlstellung und vor allem Verkürzung an. Einerseits durch die Schwere des Armes und andererseits durch das Gewicht des Gipsverbandes soll die Reposition der Bruchstücke von selbst erfolgen. Frakturen mit Lokalisation im mittleren Drittel seien am besten geeignet. Nach Holm (34)

erfordert die Methode eine genaue technische Ausführung sowie einen kooperativen und verständnisvollen Patienten. Moshfegh (52) hält den eigentlichen "hanging cast" nur bei stark verkürzten Schrägbrüchen für nützlich. Einige Autoren aber glauben, daß er die Behandlung der Wahl für Frakturen aller Lokalisation am Humerusschaft sei (8, 20, 28, 57, 78).

Die übliche Ruhigstellung beträgt bei Erwachsenen 4-6 Wochen, bei Kindern 3-4 Wochen (89).

Im deutschsprachigen Raum werden Humerusschaftfrakturen auch mit dem von Rueff und Pelzl (76) modifizierten Hängeverband versorgt: Ein dem Oberarm übergezogener Trikotschlauch wird mit Mastisol an der Haut befestigt. Das ellenbogennahe Ende des Schlauches wird sodann mit 1 bis 1,5 kg belastet. Bei bettlägerigen Patienten und während der Nacht wird das Extensionsgewicht über ein am Bett befestigtes Rollenzugsystem geführt und der Oberarm in Abduktionsstellung gebracht, wodurch einer Kapselverklebung im Schultergelenk vorgebeugt wird. Wichtig ist die sofortige krankengymnastische Behandlung: denn die Bewegung der Finger, des Handgelenkes und des Schultergelenkes ist in vollem Umfang erlaubt. Mit der Festigung des Bruches ist nach 3-4 Wochen zu rechnen.

Böttcher (8) sieht in diesem Hängeverband infolge der frühzeitigen Mobilisierung von Schulter- und Ellenbogengelenk sogar die Vorteile der konservativen mit den der operativen verbunden. Dennoch wird immer wieder darauf hingewiesen, daß er unter bestimmten Umständen einen beitragenden Faktor für eine sich entwickelnde Pseudarthrose darstellt (53, 95).

f. Brust-Arm-Gipsverband und offener Velpeau-Verband

Diese Verbände sind besonderen Situationen vorbehalten. Der offene Velpeau-Verband, ein gefensteter Brust-Arm-Gipsverband, ist vor allem bei kindlichen Frakturen indiziert (34). Gerade senr regsame und schwer steuerbare Kinder, aber auch ältere Patienten, die keine Kooperationsbereitschaft

zeigen, erfordern diese Form der Schienung, die infolge besserer Ruhigstellung eine größere Sicherheit für die Heilung bietet. Allerdings ist der Velpeau-Verband ebenso wie der schwere Brust-Arm-Gipsverband unangenehm und für den Patienten hinderlich. Fettleibige und speziell ältere Frauen scheiden für diese Verbände aus, da keine sichere Abstützung auf beiden Beckenkämmen erzielt werden kann und somit keine ausreichende Ruhigstellung gewährleistet ist. Die hauptsächlichen Indikationsbereiche für beide thoracobrachialen Immobilisationsverbände sind neben Mehrfragmentbrüchen des Humerus auch Scapulafrakturen und reponierte Schulterluxationen. Zudem kommen sie zur Anwendung bei Frakturen älter als 4 Wochen, die zwar eine Heilungstendenz zeigen, deren Fragmente aber an der Bruchstelle noch beweglich sind - Zeichen einer nicht genügend stabilen äußeren Fixierung (33, 34, 48).
Da beide Verbände jede Form einer aktivenÜbungsbehandlung verhindern, kann man vereinfachend sagen, daß sie nur für die Fälle in Frage kommen, bei welchen die absolute Immobilisation allen anderen Gesichtspunkten vorangestellt werden muß. Allerdings wird dann abzuwägen sein, ob in diesen Fällen die operative Therapie nicht der konservativen vorzuziehen ist.

3.2. Die operative Therapie

Die verschiedenen Osteosyntheseverfahren und ihre Anwendung am Oberarm sollen für den Vergleich mit der konservativen Therapie nur kurz angeführt werden. Vorrangiges Ziel der operativen Behandlung einer Humerusschaftfraktur muß es sein, nach exakter Reposition und stabiler Fixation der Fragmente eine vollkommene Beweglichkeit der angrenzenden Gelenke zu ermöglichen. Gelenkkontrakturen und Weichteilschäden können so vermieden werden. Denn der Vorteil der operativen Therapie am Oberarm liegt nach Böttcher u.a. einzig in der frühzeitigen Mobilisierung von Schulter- und Ellenbogengelenk (8, 12, 75, 90).

Als operative Behandlungsarten werden für den Humerusschaft angegeben:

a. Cerclagen

Diese Methode findet bisweilen noch Anwendung - meist in Verbindung mit einer Marknagelung -, obwohl wegen der fehlenden Stabilität praktisch stets zusätzlich eine äußere Fixation erforderlich wird (33). Die Drahtumschlingung erfordert die Eröffnung der Frakturzone. Durch die häufig dabei auftretende lokale Durchblutungsstörung, die eine Infektion begünstigt, ist die Komplikationsrate mit Verzögerung der Knochenbruchheilung bis hin zur Pseudarthrose hoch (75).

b. Marknagelung nach Küntscher

Wie bereits oben erwähnt, ist eine Stabilisierung des Humerus durch einen intramedullären Kraftträger infolge Krümmung und stark variierender Weite des Schaftes erschwert. Selbst durch Aufbohren läßt sich die nach distal konisch zulaufende Markhöhle nur schwer dem gleichmäßig starken Küntscher-Nagel anpassen. Zudem wird durch die intramedulläre Schienung keine Rotationsstabilität erzielt, ganz abgesehen von der stets drohenden Gefahr einer interfragmentären Radialiseinklemmung (12, 75).

c. Bündelnagelung nach Hackethal

Der Bündelnagel hat den Vorzug der Biegsamkeit und paßt sich gut an die unterschiedliche Markhöhlenform an. Er bewirkt eine Rotationsstabilität durch eine Verspreizung in der Spongiosa der Kondylen bei absteigender Nagelung, des Humeruskopfes bei aufsteigender Nagelung. Nach Brug (12) erweist sich diese Osteosyntheseform in mehr als 90% als primär übungsstabil. Doch traten als gravierendste Komplikationen in seinem 121 Patienten umfassenden Krankengut je 3 Pseudarthrosen und postoperative Radialisparesen auf.

Als Nachteile dieser Methode werden daher häufig Distraktionen durch verkeilte Nägel beschrieben. Zudem kommen Perforationen der Fossa olecrani vor, die zu einer Streckhemmung führen (12, 15).
Als Indikationen werden kurze Spalt- und Spiralbrüche, vornehmlich im mittleren und distalen Drittel, bisweilen auch Frakturen nach mißlungener Reposition und bei Polytraumatisierten gesehen (19).

d. Rushpins

Es werden ein oder zwei elastische Metallstäbe in die Markhöhle eingeführt, die als innere Schienen die Bruchstücke auffädeln und grobe Verschiebungen vermeiden sollen. Wichtig ist, daß nur solche Bruchformen versorgt werden, die die zur Bruchheilung notwendige Verkürzung zulassen, z.B. bei Aussprengung eines Knochenkeils, der den Bruchspalt dann als autologer Span überbrückt.
Voorhoeve (90) benutzt diese Methode daher bei Drehbrüchen mit Keilaussprengungen, bei Stück- und Mehrfachbrüchen des Polytraumatisierten. Er betont aber, daß dieses Verfahren nur bei absoluter Stabilität ohne zusätzlich erforderliche externe Fixation ihre Berechtigung habe.

e. Plattenosteosynthese

Die Plattenosteosynthese, wie sie von der Schweizer Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen entwickelt wurde, hat sich ebenfalls als Verfahren der inneren Stabilisierung von Humerusfrakturen bewährt. Am Oberarmschaft wird sie fast ausschließlich als Kompressions- bzw. Zuggurtungsplatte verwandt. Aber nur die sorgfältig und technisch einwandfrei ausgeführte Plattenosteosynthese gewährleistet eine sofortige funktionelle Beanspruchung, die als Übungsstabilität bezeichnet wird.

Die enge topographische Beziehung des Humerusschaftes zum N. radialis macht die extramedulläre Osteosynthese mit der

Platte allerdings zum riskantesten Verfahren unter den operativen (12). Allein die dringend empfohlene intraoperative Darstellung des Nerven ist selbst bei schonendem Vorgehen manchmal Anlaß einer längere Zeit anhaltenden Parese. Eine möglicherweise noch größere Gefahr für den Nerven stellt die Entfernung des extramedullären Osteosynthesematerials dar, das deshalb nicht selten für immer - soweit verträglich - belassen wird (62). Zudem ist jeder operative Eingriff durch das Risiko einer Infektion belastet, auch wenn deren Rate in den meisten Kliniken unter die 1%-Rate gedrückt werden konnte.

Der Indikationsbereich für die Plattenosteosynthese wird je nach Autor unterschiedlich abgesteckt. Einigkeit scheint nur über deren Verwendung bei der Pseudarthrosebehandlung zu bestehen.
Tscherne (57) nennt als absolute Operationsindikation beim Humerusschaftbruch: Defektbrüche, Verletzungen der A. brachialis, sekundäre Radialislähmungen und Pseudarthrosen. Zu den relativen Indikationen rechnet er offene Brüche, primäre Radialisparesen, Mehrfachverletzungen und Serienfrakturen an der oberen Extremität. Manche Autoren zählen zur relativen Indikation auch noch die nicht reponierbare Fehlstellung bei Weichteilinterposition sowie Frakturen Polytraumatisierter aus pflegerischen Gründen (9, 90).

f. Fixateur externe

Sein Einsatz am Oberarm ist möglich, aber ungewöhnlich. Der Fixateur externe erlaubt eine indirekte externe stabile Osteosynthese, indem Steinmann-Nägel oder Schanzschrauben frakturfern eingebracht werden; über diese wird dann die Fraktur durch eine Spannvorrichtung stabilisiert. Die Verspannung erfolgt in einer oder besser in verschiedenen Ebenen (33).

3.3. Therapie der kindlichen Humerusschaftfraktur

Ein nicht geringer Anteil des untersuchten Krankengutes sind kindliche Frakturen. Diese sollen gesondert betrachtet werden; denn Frakturen im Kindesalter haben ihre eigene Problematik. Sie sind nicht einfach Diminutive der Frakturen des Erwachsenenalters, sondern zeichnen sich durch Besonderheiten aus, die es bei der Therapie zu berücksichtigen gilt (1, 43,86, 92):

a. Der wesentlichste Unterschied zwischen kindlichem und erwachsenem Skelett liegt im Vorhandensein der offenen Epiphysenfugen, auch Wachstumsfugen genannt. Dadurch wird beim Kind jeder Heilungsvorgang stets auch in den Wachstumsvorgang miteinbezogen. Die einer Schaftfraktur benachbarten Epiphysenfugen reagieren dabei infolge indirekter Traumatisierung i.d.R. mit überschießendem Längenwachstum. Daher sollen Schaftbrüche mit leichter Verkürzung im Gipsverband fixiert werden, zumal eine Osteosynthese das Längenwachstum noch stärker anregt (92).

b. Der kindliche Organismus zeigt eine spontane Ausgleichstendenz bei Achsenfehlstellungen und auch bei Seitenverschiebungen, die mit zunehmendem Alter geringer wird. Rotationsfehler korrigieren sich dagegen niemals spontan. Abgesehen vom negativen kosmetischen Ergebnis führen diese Torsionsfehler immer zu einer Störung der Gesamtachse der Extremität und damit zu unphysiologischer Gelenkführung mit der Gefahr späterer Arthrosen (1, 86).

c. Ein dicker und fester Periostschlauch sorgt für eine schnell einsetzende Callusbildung mit sicherer und guter Konsolidierung des kindlichen Knochens. Zudem sind es die gesteigerten Stoffwechselvorgänge und die stärkere reparative Potenz des kindlichen Gewebes, die alle Heilungsvorgänge schneller ablaufen lassen. Die kürzere Heilungszeit bringt auch kürzere Retentionszeiten mit sich (92).

d. Da das kindliche Periost wesentlicher dicker und widerstandsfähiger als beim Erwachsenen ist, bleibt es bei Frakturen vielfach unverletzt und verhindert größere Dislokationen und äußere Hämatombildung. So kennen wir als typische kindliche Frakturformen die subperiostale Fraktur, die Fissur und die Infraktion (1).

e. Die kindliche Spongiosa ist außerordentlich dicht und hart. Eine echte Einstauchung ist deshalb kaum möglich. Es kommt vielmehr zum sog. Wulstbruch am Übergang der harten Spongiosa zur elastischeren Corticalis. Wegen der Härte der Spongiosa ist beim Kind auch das Einschlagen eines Nagels kontraindiziert (86).

Wenn es beim Erwachsenen gilt, mit Hilfe der Osteosynthese das Auftreten der sog. Frakturkrankheit zu verhindern, so wird man bei näherem Hinschauen bemerken, daß es eine eigentliche Frakturkrankheit beim Kinde gar nicht gibt (26):

- Ödeme, beim Erwachsenen häufig und therapieresistent, sind bei Kindern minimal ausgeprägt oder gar nicht vorhanden.
- Die Atrophie der ruhiggestellten Muskulatur ist unter dem natürlichen Bewegungsdrang des Kindes rasch reversibel.
- Gelenksteifen treten praktisch nie auf.
- Die Sudeck'sche Dystrophie - gewissermaßen das Extrem der Frakturkrankheit - ist beim Kinde nahezu unbekannt,
- und auch die Pseudarthrose - Vollbild der verhinderten knöchernen Wiedervereinigung - gibt es beim kindlichen Schaftknochen so gut wie nie.

Aus diesen Gründen kann logischerweise für die Behandlung der kindlichen Schaftfrakturen als Therapieform eigentlich nur der konservative Weg infrage kommen, dessen objektive Gefahren gering und dessen Ergebnisse gut sind (92).

Andererseits gibt es aber auch beim Kinde Oberarmschaftfrakturen, bei denen die offene Reposition und die operative Osteosynthese Komplikationen vermeiden helfen und bessere Resultate

erwarten lassen. Dazu zählen offene Frakturen mit schweren Weichteilschäden, Mitverletzung von Gefäßen, Nerven oder Sehnen, zudem polytraumatisierte Kinder zur wirksamen Erleichterung der ohnehin mühsamen Pflege. Eine Osteosynthese kommt auch dann in Betracht, wenn eine Pseudarthrose entstanden ist oder ein Repositionshindernis vorliegt (43).

Sieht man aber einmal von den genannten Besonderheiten ab, so ist und bleibt für die kindliche Schaftfraktur der konservative Behandlungsweg die Therapie der Wahl (86, 92).

3.4. Therapie bei Radialisverletzungen

Wie bereits erwähnt, ist eine Humerusschaftfraktur in durchschnittlich 7,9% durch eine Radialisparese kompliziert (62). Trotz dieser relativ hohen Rate sind die Ansichten über die Behandlung dieser Komplikation unterschiedlich. Die Ursache hierfür liegt in der Tatsache, daß eine Prognose - wenn überhaupt - im Einzelfall nicht mit genügender Sicherheit gestellt werden kann (62).

Die Befürworter eines sofortigen operativen Eingriffes, unter ihnen vor allem Holstein (35) und Terbrüggen (85), nennen eine Reihe von Vorteilen für ihr Vorgehen: Die Stabilisierung der Fraktur bewahre den Nerven vor weiterer Schädigung; der Nerv könne vor dem sich entwickelnden Callus an der Bruchstelle geschützt werden; zudem sei das Risiko eines ungünstigen Resultats bei optimal durchgeführter Osteosynthese nicht größer als bei konservativem Vorgehen (35, 60, 62, 64, 85).

Der gegenteilige Standpunkt wird von einer Vielzahl von Autoren gestützt (6, 7, 11, 51, 60, 65). Sie plädieren für eine prinzipiell abwartende Haltung. Erst 3 Monate post fracturam wird von ihnen eine operative Freilegung für notwendig erachtet, wenn noch keinerlei Nervenregeneration erkennbar sei. Sie begründen ihre Einstellung damit, daß

unnötige chirugische Eingriffe - und deren Zahl sei nicht gering - bei den Patienten vermieden würden, deren Paresen nur passager auftreten (57). Denn jeder operative Eingriff sei mit Risiken wie Anästhesie, Wundinfektion, Osteitis, verzögerter Heilung und Pseudarthrose, sowie iatrogener Radialisläsion verbunden. Eine geheilte Fraktur erleichtere es dem Operateur, sich den Nerven darzustellen und das Ausmaß der Schädigung zu beurteilen. Zudem sei das Neurilemm des Nerven verdickt, was eine evtl. Nervennaht vereinfache. Es zeige sich außerdem derselbe Erfolg wie bei sofortiger Eröffnung (60).
Gerade der Nachweis dieser Behauptung scheint den Verfechtern einer abwartenden Beobachtung und späteren Eingriffs eine größere Anhängerschaft gebracht zu haben.

3.5. Die Nachbehandlung der Humerusschaftfraktur

Der Erfolg jeder Knochenbruchbehandlung, sowohl der konservativen wie der operativen, steht und fällt mit einer richtigen und konsequenten Nachbehandlung. Nach Probst (67) beginnt die Nachbehandlung gleich nach dem konservativen oder operativen technischen Eingriff, und zwar unmittelbar und nicht etwa erst nach Abschluß der örtlichen Heilung.

Nach operativer Behandlung, die nicht Thema der Arbeit ist und daher nur kurz gestreift wird, müssen unter Berücksichtigung der Wundheilung die Gelenke in der Regel vom Operationstag an voll mobilisiert und ohne Belastung bewegt werden. Ziel ist die Funktionsherstellung, die spätestens bei Belastbarkeit des operativ stabilisierten Knochens erreicht sein soll. Fehlerhaft sind dabei immer über die Schmerzgrenze hinausgehende physikalische Maßnahmen und auch die heute noch gelegentlich angewandten Massagen der verletzten Extremität (17, 67).

Wie die Übungsbehandlung in Form der Krankengymnastik, der elektrophysikalischen, der Ergo- und Balneotherapie nach Osteosynthesen selbstverständlich geworden ist, so sollte auch einem Patienten nach konservativer Versorgung diese Allgemeinbehandlung sowie eine spezielle Behandlung in Form von Atem- und Stoffwechselgymnastik zuteil werden.

Besonders gefährdet sind ältere Patienten, bei denen die Ernaltung der Muskelkraft in besonderem Maße Voraussetzung für die Erhaltung der Gelenkbeweglichkeit und damit der Leistungsfähigkeit der gesamten Extremität ist (67).
Es muß primär dafür gesorgt werden, daß alle nicht fixierten Gelenke ständig mobilisiert werden. Zudem muß speziell bei der Humerusschaftfraktur jede unangemessen lange dauernde Fixation wie auch die Fixation in unphysiologischer Haltung oder Stellung (Thoraxabduktionsverbände) vermieden werden. Es sind daher die Verbände, die eine funktionelle Schienung unter Ausnutzung des Eigengewichts des Armes darstellen, wie z.B. der Desault-Verband, den vollständig fixierenden Verbänden des Schulter-Oberarm-Ellenbogenbereiches vorzuziehen, da sie einen gestützten funktionellen Gebrauch von Anfang an gewähren (67).

Ziel jeder Übungs- und Bewegungsbehandlung ist es, den durch länger dauernde Ruhigstellung unvermeidlichen Nebenerscheinungen wie Zirkulationsstörung, Inaktivitätsatrophie von Knochen, Weichteilen und Gelenken so gut wie möglich kompensatorisch entgegenzuwirken.

D. BEOBACHTUNGSGUT UND METHODE

In den 7 Jahren von 1969 bis 1975 kamen an der Chirurgischen Universitätsklinik und Poliklinik Würzburg insgesamt 101 Humerusschaftbrüche in Behandlung. 62 Frakturen wurden konservativ bzw. funktionell behandelt, während in 39 Fällen eine Osteosynthese durchgeführt wurde.

Von den Patienten mit konservativ versorgter Humerusschaftfraktur konnten 24 ausschließlich ambulant behandelt werden; bei den anderen 38 Verletzten erfolgte nach stationärer Behandlung - infolge unterschiedlich schwerer Begleitverletzungen verschieden lang - eine weiterführende ambulante Betreuung.

Nicht berücksichtigt sind 7 Patienten, die primär konservativ, wegen Störungen im Heilungsverlauf oder anderweitigen Komplikationen später aber operativ behandelt wurden, ebenso 3 Patienten, die mit einem kombiniert konservativ - operativen Verfahren (z.B. Rush-pins mit gleichzeitiger zusätzlicher Ruhigstellung im Gipsverband) versorgt wurden.

Die Auswertung der Krankenunterlagen erfolgte nach folgenden Parametern:

- Name, Alter, Geschlecht
- Unfalldatum und Unfallart
- Frakturtyp und - lokalisation
- Hautbedeckung (offen - geschlossen)
- Unfallbedingte Begleitverletzungen
- Konservative Behandlungsmethode
- Krankengymnastische Nachbehandlung
- Röntgenbilder (Fehlstellungen)
- Primäre oder sekundäre Radialisparesen
- Verzögerte Heilung bzw. Pseudarthrose
- Ambulante oder stationäre Behandlung
- Spätergebnisse

Die Bewegungsumfänge der dem Oberarm benachbarten Gelenke wurden - soweit sie protokolliert waren - nach der Neutral-Null-Methode und SFTR - Notierung ausgewertet (s. Tab. 2).

Anhand der Krankenunterlagen konnten bereits bei 31 Verletzten konkrete Spätergebnisse ermittelt werden. An die restlichen 31 Patienten wurden Fragebögen (s. Tab. 3) verschickt, um mittels dieser zu weiteren Resultaten zu gelangen. Von ihnen antworteten 25, die übrigen 6 Personen waren entweder unbekannt verzogen oder infolge hohen Alters an anderen Leiden verstorben. Unter ihnen befand sich auch ein Patient mit pathologischer Fraktur, der den Folgen eines M. Waldenström erlegen war.

Bei der Nachuntersuchung wurde besonders das funktionelle Ergebnis berücksichtigt. Sie sollte zudem Aufschluß über weitere Spätschaden wie Muskelatrophie (Umfangsdifferenzen am Oberarm wurden bestimmt), Parästhesien, Durchblutungsstörungen und sonstige subjektive Beschwerden (u.a. Wetterfühligkeit) geben.

Eine Wertung der Ergebnisse wurde in Anlehnung an die Klassifikation nach Neer (58) nach folgender Einteilung getroffen:

Sehr gutes Ergebnis ("excellent"): Schulter-, Ellenbogen-, Hand- und Fingergelenke frei beweglich bzw. nur endgradig geringfügig eingeschränkt;
Nacken- und Schürzenbundgriff mühelos durchführbar;
Muskelkraft intakt;
keine oder nur geringfügige Parästhesien;
röntgenologisch gute Stellung der Fraktur;
höchstens vereinzelt witterungsbedingte Schmerzen;

Befriedigendes Ergebnis ("satisfactory"): Behinderung des Schulter- und Ellenbogengelenks in den Endlagen, die aber vom Pat. als nicht störend empfunden wird;
Parästhesien; Wetterfühligkeit;

	Schwächung der Muskelkraft; Achsenknickung im Röntgenbild bis 15°
Ungenügendes Ergebnis: ("unsatisfactory")	Erhebliche Beweglichkeitseinschränkungen in den einzelnen Gelenken; starke subjektive Beschwerden, besonders bei Arbeit oder Belastung; röntgenologisch in schlechter Stellung (Achsenknickung > 15°) verheilte Fraktur
Mißerfolg: ("failure")	Extremität ist weitestgehend funktionsunfähig infolge Nervenlähmung oder Pseudarthrose

Tab. 2: Normale Bewegungsumfänge im Schulter-, Ellenbogen- und Handgelenk nach der Neutral-Null-Methode und SFTR - Notierung nach Russe (77):

Schultergelenk:	S	45-0-180
	F	180-0-45
	T	45-0-135
	R(F=0°)	60-0-90
	R(F=90°)	90-0-90
Ellenbogengelenk:	R	90-0-80
	S	0-0-150
Handgelenk:	S	50-0-60
	F	20-0-30

Erläuterung:

R(F=0°) = Rotation bei angelegtem Oberarm
R(F=90°) = Rotation bei 90° abduziertem Oberarm

Nullstellung (-0-): Stellung, die die Gelenke bei aufrechtem Stehen einnehmen, wobei die Füße parallel stehen, beide Arme gestreckt dem Körper anliegen und die Hohlhände nach innen zeigen.

1. Zahl: Bewegungsausmaß der vom Körper wegführenden Bewegungen
2. Zahl: Nullstellung
3. Zahl: Bewegungen, die zum Körper hinführen

Tab. 3: Muster des Fragebogens

	nein	ja	mit Mühe
1. Können Sie die Hand des verletzten Armes			
a. in den Nacken legen (Hinterhauptsgriff)	0	0	0
b. auf den Rücken führen (Schürzengriff)	0	0	0
c. bis zur Senkrechten in die Höhe heben	0	0	0
2. Können Sie Ihren gebrochenen Arm im Ellenbogengelenk			
a. ganz ausstrecken	0	0	0
b. ganz beugen, so daß Sie mit den Fingern auf die Schulter der gleichen Seite fassen können	0	0	0
3. Können Sie bei gestrecktem Ellenbogen den Unterarm bzw. die Hand des verletzten Armes genauso weit nach innen und nach außen drehen wie auf der Gegenseite	0	0	0
4. Können Sie bei festem Sitz des Ellenbogens auf einer Unterlage die Hand des verletzten Armes im Handgelenk genauso gut heben und senken wie die des gesunden	0	0	0
5. Können Sie die Finger des früher gebrochenen Armes			
a. vollkommen ausstrecken	0	0	0
b. ganz zur Faust schließen	0	0	0

	nein	ja
6. Verspüren Sie seit der Zeit des Armbruches ein Taubheitsgefühl (ein Nadelstich oder eine leichte Verbrennung werden nicht bemerkt) oder ein Kribbeln bzw. "Ameisenlaufen" an diesem Arm		
a. am Oberarm	0	0
b. am Unterarm	0	0
c. am Handrücken	0	0
d. an der Handinnenfläche	0	0
7. Verspüren Sie seit jener Zeit am gebrochenen Arm eher ein Kältegefühl, eine bläuliche Verfärbung (als Zeichen einer venösen Stauung) oder eine Blässe (als Zeichen einer kombiniert venös-arteriellen Zirkulationsstörung) als am gesunden Arm	0	0
8. Ist die grobe Kraft Ihres Faustschlusses bzw. die Tragkraft des verletzten Armes geringer als die des gesunden	0	0
9. Glauben Sie, bei Vergleich beider Ober- und Unterarme einen Umfangsunterschied zugunsten des gesunden Armes feststellen zu können	0	0

10. Verwenden Sie bitte den noch verbliebenen Platz, um weitere Angaben über Auffälligkeiten und Besonderheiten der verletzten Gliedmaße zu machen: Schmerzen, Wetterfühligkeit etc..

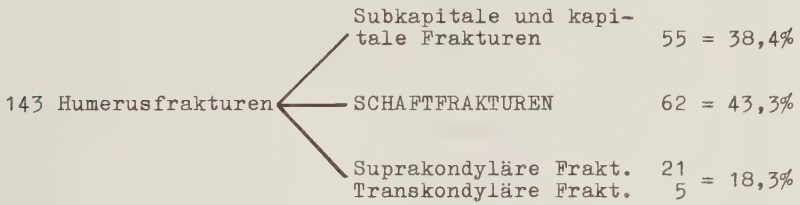
E. ERGEBNISSE

In der Chirurgischen Klinik und Poliklinik der Julius-Maximilians-Universität Würzburg wurden im Zeitraum 1969 bis 1975 von insgesamt 245 Patienten mit Oberarmbrüchen 143 konservativ behandelt. Die verbleibenden 102 Frakturen wurden operativ versorgt.

Von den konservativ behandelten Humerusfrakturen entfiel der Hauptteil mit 62 Frakturen (=43,3%) auf den Schaftbereich, der im Mittelpunkt der Untersuchung stand und Gegenstand der weiteren Ausführung ist.

Mit 38,4% folgten die subkapitalen und kapitalen Frakturen, ebenfalls Domäne konservativer Therapie (78).

18,3% der Frakturen betrafen das distale Humerusende, das aus Gründen der Erhaltung der Gelenkkongruenz heute meist der operativen Therapie vorbehalten bleibt (78).



Tab. 4: Absolute Häufigkeit der Zahl konservativ behandelter Oberarmfrakturen in Abhängigkeit von ihrer Lokalisation

Von den 62 Patienten mit Frakturen im Oberarmschaftbereich war die rechte Seite mit 38 Brüchen deutlich häufiger betroffen als die linke mit nur 24 Brüchen. Dies zeigt die Priorität der rechten oberen Extremität auch als Abwehr- und Schutzorgan des Körpers bei äußerer Gewalteinwirkung.

62 Humerusschaftfrakturen
- Rechte Seite: 38
- Linke Seite: 24

Tab. 5: Seitenverteilung der Schaftbrüche

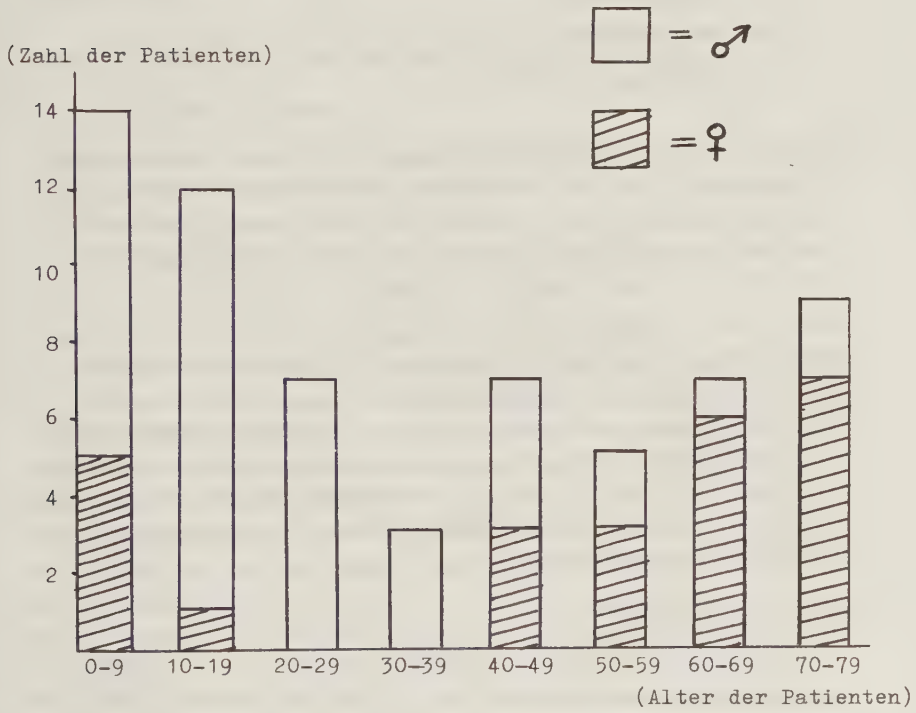
Die Aufschlüsselung der Humerusbrüche im Schaftbereich nach ihrer Lokalisation zeigt eine Häufung von Frakturen im proximalen und mittleren Drittel mit 37% bzw. 40%.

Tab. 6: Bruchlokalisation am Humerusschaft

25 weiblichen Verletzten standen 37 männliche gegenüber. Eine vermehrte Frakturhäufigkeit zeigte sich in den Jahren zwischen 0 und 30 sowie zwischen 60 und 80.
Die Häufung von Frakturen am Oberarm in den ersten drei Jahrzehnten - wobei vor allem männliche Jugendliche betroffen waren - ist bedingt durch die in diesem Alter hohe Quote an

Verkehrsunfällen. Dabei führten gehäuft Unfälle mit Zweikrafträdern zu schweren Verletzungen.

Ein Wiederanstieg der Frakturrate im siebten und achten Lebensjahrzehnt darf als Folge der in diesem Alter häufigeren Stürze sowie der Osteoporose des alternden Menschen betrachtet werden. Daß davon in erster Linie die Frauen betroffen sind, ist eindrucksvoll zu sehen (Tab. 7).



Tab. 7: Altersbezogene Bruchhäufigkeit am Oberarmschaft getrennt nach Frauen und Männern

Tab. 8: Frakturursachen

1.	Verkehrsunfälle (Auto, Moped u.a.)	26 = 42%
2.	Häusliche Unfälle (Sturz in der Wohnung, bei Schnee)	17 = 27%
3.	Unfälle beim Spielen (Kinder, Sport etc.)	9 = 15%
4.	Arbeitsunfälle	7 = 11,5%
5.	Geburtstrauma	2 = 3%
6.	Pathologische Fraktur	1 = 1,5%

Nahezu die Hälfte aller Frakturen wurde durch Verkehrsunfälle ausgelöst. Es fiel dabei auf, daß allein in zehn Fällen (=38,5%) hiervon die Beifahrer betroffen waren. Das Gros dieser Verletzungen hätte sicherlich vermieden werden können, wenn die Beifahrer angegurtet gewesen wären!

Fünf jeweils schwere Unfälle ereigneten sich mit dem Moped. Sechs Personen wurden als Fußgänger in Unfälle verwickelt, meist beim Überqueren der Straße.
Für Verletzungen am Arbeitsplatz und im Beruf scheint dagegen der Oberarm weniger exponiert zu sein, wie die relativ geringe Quote von 11% zeigt. Dies könnte jedoch auch eine Folge von in den letzten Jahren vermehrt durchgeführten Sicherheitsvorkehrungen sein.

Tab. 9: Bruchformen

1.	Mehrfragment- und Trümmerfrakturen	21 (34%)
2.	Torsionsfrakturen	17 (28%)
3.	Querbrüche	11 (17%)
4.	Schrägbrüche	8 (13%)
5.	Unvollständige Frakturen (Grünholzfrakturen, Infraktionen)	5 (8%)

Tab. 9 zeigt, daß ein Drittel aller Brüche Mehrfragment- oder Trümmerfrakturen waren. Der hohe Anteil an diesen Bruchformen ist sicherlich auf eine Zunahme der Verkehrsunfälle zurückzuführen.
Der Humerusknochen ist durch starke, kontrahär wirkende Muskelgruppen einer ständigen Torsionsbelastung ausgesetzt. Dies erklärt neben dem für die Form einer Fraktur entscheidenden Unfallmechanismus den hohen Prozentsatz an Spiralbrüchen am Oberarm.

Tab. 10: Komplikationen bei den 62 Schaftfrakturen:

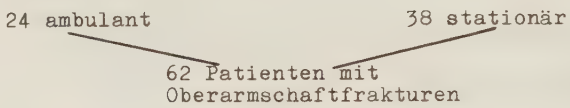
1. Offene Frakturen	3
2. Plexusausriß mit kompletter Radialis-, Medianus- und Ulnarisparese	1
3. Verzögerte Heilung mit knöcherner Konsolidierung nach spätestens 4 Monaten	2
4. Refrakturen (1x erneutes Trauma 1x ausgeprägte Osteoporose)	2

5% der konservativ Behandelten hatten eine offene Fraktur. Die schwerste Verletzung des untersuchten Krankengutes erlitt ein 16jähriger Bauhelfer, als er bei einem Mopedunfall an einen Telegraphenmast geschleudert wurde. Neben der Trümmerfraktur des Humerusschaftes zog er sich bei diesem Trauma einen Plexusausriß, eine fronto-basale Schädelfraktur, eine Stirnhöhlenimpressionsfraktur und Siebbeintrümmerfraktur zu. Als Folgeerscheinungen traten eine komplette Paralyse des rechten Armes, ein Hornerkomplex und ein hirnorganisches Psychosyndrom auf. Da nach einem halben Jahr noch die totale motorische Lähmung der verletzten Gliedmaße bestand, erfolgte eine Umschulung zum technischen Zeichner.

Verzögerte Heilung fand sich bei 2 Personen. Ursache war zum einen eine Infektion im Frakturbereich mit Sequesterbildung. Zum anderen waren es mechanische Faktoren: Nach einer Refrak-

tur infolge Sturzes wurde eine Thoraxabduktionsschiene angelegt, die wahrscheinlich am Frakturspalt Instabilität induzierte und dadurch einer verzögerten Heilung Vorschub leistete. Bei beiden erfolgte schließlich jedoch die knöcherne Heilung innerhalb von vier Monaten und führte zudem zu optimalen funktionellen Spätergebnissen ohne subjektive Beschwerden.

Therapie und Therapieerfolge



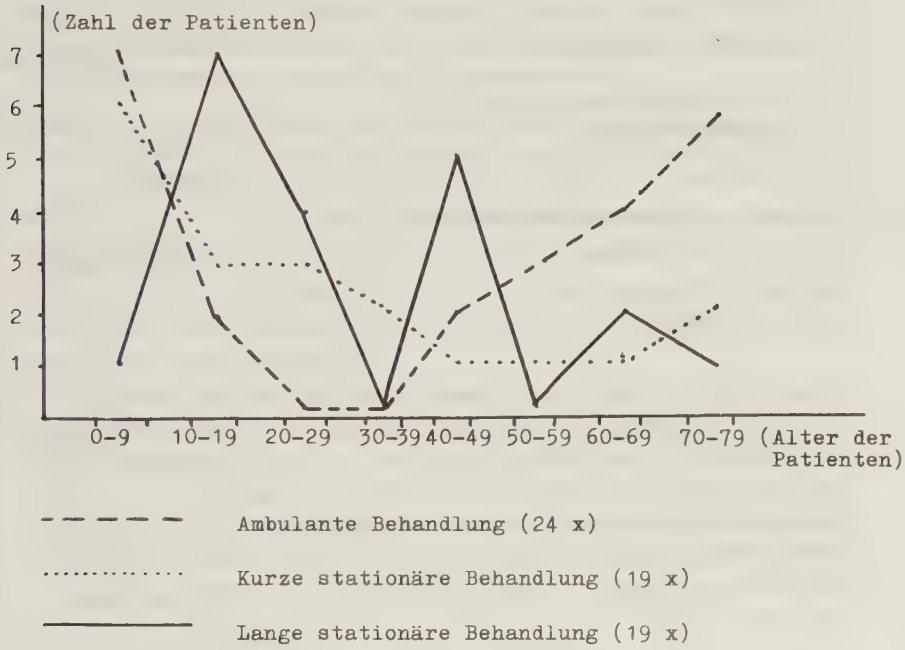
Tab. 11: Verhältnis ambulant zu stationär behandelter Patienten

24 Patienten konnten ausschließlich ambulant versorgt werden. Die 38 stationär Aufgenommenen stellten ein sehr inhomogenes Krankengut dar. Zu ihnen zählten einerseits Verletzte, bei denen der Oberarmbruch im Mittelpunkt des Traumas und damit der Therapie stand. Sie wurden lediglich aus Gründen der Behandlungsmethode (meist Abduktions- oder Extensionsverbände) oder infolge leichterer Begleitverletzungen (Prellungen, Verdacht auf Commotio oder Contusio cerebri u.a.) stationär aufgenommen. Diese Gruppe umfaßte 19 Patienten mit einer mittleren Klinikverweildauer von 9,3 Tagen.

Die übrigen 19 Patienten wiesen andererseits schwere und schwerste Nebenverletzungen auf, so daß allein diese die Dauer des Klinikaufenthaltes bestimmten. Die kürzeste stationäre Behandlung dieser Gruppe betrug 18 Tage (= ein 49-jähriger Patient, der sich als Beifahrer neben der Humerusschaftfraktur eine Radiusfraktur in loco typico und multiple Prellungen an beiden Knien zuzog), der längste Klinikaufenthalt 120 Tage (= ein 40-jähriger Maurermeister mit offener Kondylentrümmer-

fraktur, ausgedehnten Weichteilnekrosen im Oberschenkelbereich, zudem mit einer Tibiatrümmerfraktur, an deren Ende die Ankylose des Kniegelenks stand).

Tab. 12: Aufgliederung der ambulanten und stationären Behandlung nach dem Alter



Tab. 12 zeigt, daß langdauernder Klinikaufenthalt gehäuft in den Altersgruppen 10 bis 20 bzw. 40 bis 50 erforderlich war. Die Ursache waren ausschließlich schwere Verkehrs- (9 mal) bzw. Arbeitsunfälle (2 mal). Ferner ist ersichtlich, daß kindliche Brüche und Brüche bei älteren Leuten meist ambulant versorgt werden konnten, da bei ihnen die einfachen Bruchformen überwogen.

Tab. 13: Häufigkeit der Anwendung konservativer Behandlungsverfahren und deren durchschnittliche Ruhigstellungszeit.

	Anzahl	Durchschnittliche Zeit der Ruhigstellung im Verband
1. Desault-Verband	22	3 Wochen
2. Hängegips	18	5,5 Wochen
3. Desault + Hängegips	5	3Wochen/2-4 Wochen
4. Thoraxabduktionsgips und Abduktionsschiene	8	5,5 Wochen
5. U-Schiene	5	4 Wochen
6. Schlauchverbandextension + Hängegips	2	1 Woche/4 Wochen
7. Rein funktionelle Behandlung	2	----

Nahezu Dreiviertel aller Frakturen wurden mit dem Desault-Verband, dem Hängegips oder einer Kombination beider Verfahren behandelt. Bei letzterem wurden der Desault-Verband und der Hängegips für jeweils ca. 3 Wochen belassen.
Die Abduktionsverbände blieben weitestgehend der kindlichen Frakturversorgung vorbehalten (in 6 von 8 Fällen).
Nur geringe Anwendung fand die U-Schiene im untersuchten Zeitraum.

Tab. 14: Spätergebnisse der 56 Patienten mit konservativ behandelter Humerusschaftfraktur

Sehr gutes Ergebnis:	38	89,3%
Befriedigendes Ergebnis:	12	
Ungenügendes Ergebnis:	5	10,7%
Mißerfolg:	1	

Die Untersuchungen zur Beurteilung der Behandlungsergebnisse wurden 1bis 7 Jahre nach dem Unfallereignis vorgenommen. Der kürzeste zeitliche Abstand zwischen abgeschlossener Therapie und Nachuntersuchung betrug 10 Monate, der längste 7,3 Jahre.

Die Kriterien für eine Einteilung der Behandlungsergebnisse in vier Gruppen wurden auf Seite 47/48 ausführlich dargestellt. Von entscheidender Bedeutung für die Zuordnung zu den einzelnen Gruppen war die wiedererlangte Funktion. Achsenfehler wurden toleriert, sofern sie nicht das funktionelle Resultat beeinträchtigten oder kosmetisch störend waren.

Tabelle 14 zeigt summarisch die Spätergebnisse von 56 Patienten, bei denen mittels Krankenunterlagen und Nachuntersuchung ein Abschlußergebnis ermittelt werden konnte.
Es zeigt sich, daß mit der konservativen Behandlung in nahezu 90% sehr gute bis zufriedenstellende Ergebnisse erzielt wurden.

Die weitere Aufschlüsselung der Ergebnisse, vor allem nach der jeweiligen Behandlungsmethode, verdeutlichen nachfolgende Tabellen und Erläuterungen.

Tab. 15: Bewertung der Spätergebnisse nach der Behandlungsmethode

	sehr gut	befriedigend	ungenügend	Mißerfolg
1. Desault-Verband	13	6	1	-
2. Hängegips	9	3	4	-
3. Desault-Verband + Hängegips	3	1	-	-
4. Abduktionsverbände	7	1	-	-
5. U-Schiene	3	1	-	-
6. Extensionsverbände	1	-	-	(1)
7. Funktionelle Behandlung	1	-	-	-

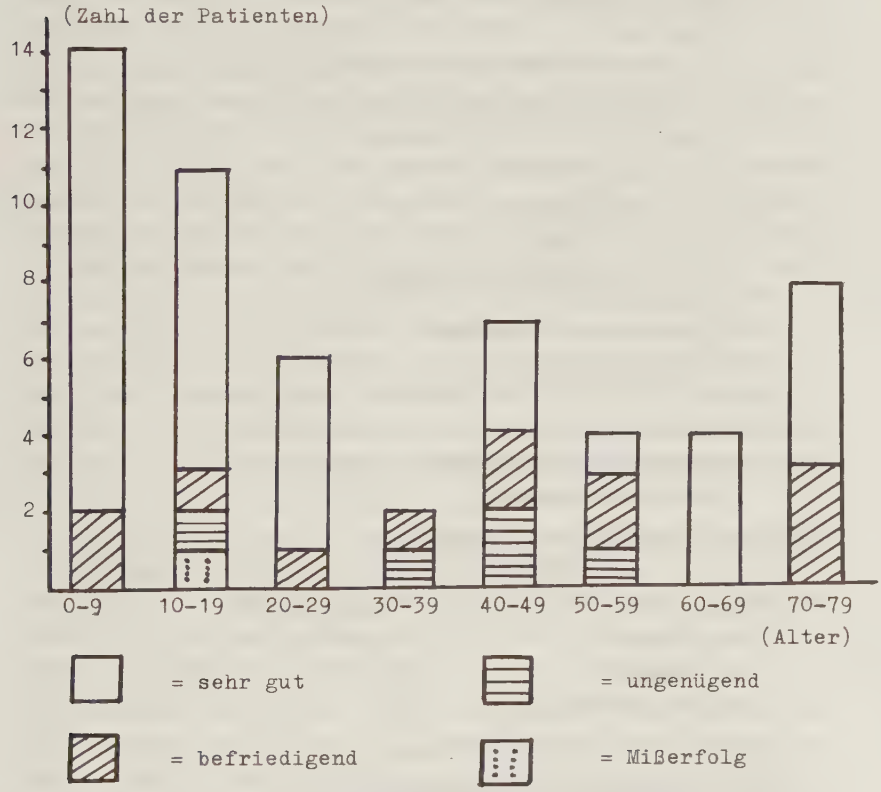
Genügend Spätergebnisse liegen nur von den mit einem Desault-Verband und Hängegips behandelten Patienten vor, so daß sich diese Ergebnisse vergleichen lassen.

Die meisten sehr guten und guten Ergebnisse wurden hierbei mit dem Desault-Verband erzielt (95%). Bei einem 33-jährigen Patienten mit Mehrfragmentbruch führte der Desault-Verband jedoch zu einem ungenügenden Ergebnis. Der wegen starker Varus-Fehlstellung für 5 Wochen belassene Verband und eine anfänglich vom Patienten vernachlässigte krankengymnastische Nachbehandlung führten zu einer Kontraktur im Schultergelenk, die mit einer Schulterabduktionseinschränkung von 90° verbunden war.

Der Hängegips, am zweithäufigsten in der konservativen Behandlung der Humerusschaftfraktur eingesetzt, wies dagegen in einem hohen Prozentsatz (25%) schlechte Resultate auf. Der Ellenbogen, der mit dem Hängegips durchschnittlich 40 Tage fixiert wurde, zeigte am häufigsten Immobilisationsschäden(5x). Es traten Streckdefizite bis 20° kombiniert mit Außenrotationsdefiziten bis 20° auf. In 2 Fällen fand sich zudem eine hochgradige Abduktionseinschränkung im Schultergelenk von 90°. Der Nacken- und Schürzengriff war bei diesen Patienten nur mit Mühe durchführbar. 3 Patienten klagten über stärkere Schmerzen, besonders bei Arbeit oder Belastung; zudem machte sich bei ihnen eine Muskelschwäche störend bemerkbar.

Die übrigen Behandlungsverfahren, die im allgemeinen speziellen Indikationsgebieten vorbehalten blieben, wurden wiederum mit gutem Erfolg angewandt. Eine Ausnahme scheint die Applikation einer Schlauchextension zu bilden. Es handelte sich bei diesem Patienten um die bereits erwähnte Oberarmtrümmerfraktur mit kompletter Plexus-brachialis-Lähmung, die sich nicht zurückbildete. Der daraus resultierende Mißerfolg in der Therapie war somit nicht der Behandlungsmethode - in diesem Falle der Schlauchextension - anzulasten, sondern stellte eine unmittelbare Unfallkomplikation dar.

Die Aufschlüsselung der Ergebnisse nach Lebensjahrzehnten (Tab. 16) macht deutlich, daß besonders kindliche Frakturen eine ausgezeichnete Tendenz zur völligen funktionellen wie anatomischen Wiederherstellung des Humerus und der benachbarten Gelenke zeigen.



Tab. 16: Ergebnisse der 56 Patienten in Abhängigkeit vom Alter

Tab. 17: Komplikationen der konservativen Behandlung der 56 Humerusschaftfrakturen:
Ergebnisse sowohl der Nachuntersuchung als auch der Auswertung der Krankenunterlagen.

	Fallzahl
1. Beweglichkeitseinschränkung:	
a. Schultergelenk:	
F 90-0-45 (= Abduktionsdefizit bis 90°)	3
F 150-0-45 (= Abduktionsdefizit bis 30°)	1
F 170-0-45 (= Abduktionsdefizit bis 10°)	4
b. Ellenbogengelenk:	
S 0-(10-20)-130 (Streckdefizit von 10-20°)	6
S 0-0-120 (Beugedefizit bis 10°)	3
R (70-80)-0-80 (Außenrotationsdefizit von 10-20°)	4
c. Handgelenk: Einschränkung vor allem im Sinne einer Fingerstreckhemmung	3
2. Muskelschwäche (Umfangsdifferenz durchschnittlich 1-2 cm)	11
3. Parästhesien (ohne motor. Radialis-Paresen)	
am Oberarm	2
am Unterarm	3
am Handrücken	2
4. Venöse Durchblutungsstörungen:	6
5. Wetterfühligkeit bzw. Schmerzen an der Bruchstelle:	6
6. Ulcus am Gipsende:	1

Genauer untersucht wurde die Beweglichkeit im Ellenbogen- und Schultergelenk. Durch zwei einfache Untersuchungsmethoden kann man sich einen groben Überblick über die Beweglichkeit des Schultergelenkes verschaffen. Der Nackengriff stellt eine Kombination von den drei Bewegungen Anteversion, Abduktion und Außenrotation dar, während der Schürzenbundgriff Retroversion, Adduktion und Innenrotation verbindet.

Zu den Bewegungsausfällen ist folgendes zu sagen: Am häufigsten zeigten sich Immobilisationsschäden nach konservativer Therapie am Ellenbogen. Die Bewegungseinschränkungen waren hier meist sehr geringfügig und wurden subjektiv kaum als Belästigung empfunden. Am Schultergelenk traten zwar seltener Ruheschäden auf, doch konnte in 3 Fällen der Arm nicht über die Horizontale geführt werden, was einem Abduktionsdefizit von 90° entspricht. Die Folge war ein nicht unbedeutender Funktionsverlust der betroffenen Extremität. Bei allen 3 Patienten mit einem Abduktionsdefizit von 90° im Schultergelenk hatte eine Trümmerfraktur vorgelegen, die in zwei Fällen mit einem zirkulären Oberarmgips, beim dritten Patienten mit einem über 5,5 Wochen belassenen Desault-Verband versorgt worden waren.

Von den 11 Patienten, die eine Muskelschwäche des gebrochenen Armes angaben, konnten 6 nachuntersucht werden. In 4 Fällen fand sich eine Umfangsdifferenz von 1-2 cm gegenüber dem gesunden Arm. Bei den beiden anderen Patienten konnte keine Abnahme der Muskelmasse nachgewiesen werden.

Als häufigste subjektive Beschwerden wurden Wetterfühligkeit, Schmerzen an der Bruchstelle, leichte Schwäche und Unsicherheit im betroffenen Arm angegeben. Eine 52 Jahre alte Hausfrau allerdings klagte über derart rasche Ermüdung ihres verletzten Armes, daß ihr oft spontan Gegenstände (Töpfe beim kochen etc.) zu Boden fielen.

Die aufgetretenen chronischen Zirkulationsstörungen waren ausschließlich venöser Art. Ihre Ursachen sind einerseits im Frakturhämatom und dem begleitenden Weichteilödem, andererseits in komprimierenden, zirkulären Verbänden zu suchen. Denn die aus Schwellungen rasch sich bildenden Indurationen hinterlassen nicht selten auch venöse Durchblutungs- und sensible Störungen auf der Grundlage vasovegetativer Entgleisungen (67). Diese venösen Zirkulationsstörungen führten besonders stark bei herunterhängendem Arm zur Schwellung und Cyanose.

Arterielle oder kombiniert arteriell - venöse Durchblutungsschäden, wie sie z.B. bei ellenbogengelenksnahen Frakturen in Form der Volkmann'schen Kontraktur vorkommen können, waren erwartungsgemäß nicht zu sehen, da die A. brachialis am Oberarm weitgehend geschont in der ventralen Beugerloge verläuft und erst am Ellenbogen eher einer Schädigung ausgesetzt ist.

n = 62	Ambulant	Stationär	Spiralfrakt.	Schrägfrakt.	Querfrakt.	Mehrfragmentfr.	Unvollständ. Fr.	Desault-Verb.	Hängegips	Des. + Hängeg.	Abduktionsverb.	U-Schiene	Extensionsverb.	Funktionell
Ambulant	24													
Stationär	–	38												
Spiralfrakt.	7	10	17											
Schrägfrakt.	3	5	–	8										
Querfrakt.	6	5	–	–	11									
Mehrfragm.	5	16	–	–	–	21								
Unvollst.Fr.	3	2	–	–	–	–	5							
Desault-V.	12	10	4	1	7	8	2	22						
Hängegips	7	11	2	4	4	8	–	–	18					
Des.+Häng.	–	5	1	–	–	4	–	–	–	5				
Abdukt.Verb.	1	7	7	1	–	–	–	–	–	–	8			
U-Schiene	2	3	3	1	–	–	1	–	–	–	–	5		
Extens.Verb.	–	2	–	1	–	1	–	–	–	–	–	–	2	
Funktionell	2	–	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–	2
Ergebnisse:														
Sehr gut	18	20	13	5	10	6	4	13	9	3	7	3	1	1
Befriedig.	3	9	2	3	1	6	–	6	3	1	1	1	–	–
Ungenügend	–	5	–	–	–	4	–	1	4	–	–	–	–	–
Mißerfolg	–	1	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	1	–
Eingeschr. Schulterb.	1	7	–	–	–	8	–	2	4	1	1	–	–	–
Eingeschr. Ellenb.bew.	3	10	2	2	–	9	–	4	5	1	2	1	1	–
Muskelschwä.	3	8	–	2	1	8	–	4	5	1	1	–	–	–
Parästhesien	2	5	–	1	1	5	–	2	4	–	1	–	–	–
Durchblut.st.	1	5	1	3	–	2	–	2	3	1	–	–	–	–
Wetterfühl.	2	4	–	1	–	5	–	1	3	1	1	–	–	–

Tab. 18: Gesamtüberblick über die ausgewerteten Parameter

F. DISKUSSION DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Die Entscheidung zum konservativen oder operativen Vorgehen ist am Oberarm von der Lokalisation der Fraktur abhängig. Während sich die Mehrzahl der subkapitalen Oberarmbrüche, oft sogar ohne Reposition, konservativ behandeln läßt, ist für das Gros der Brüche im distalen Oberarmbereich, die mit Ausnahme der suprakondylären Frakturen Gelenkbrüche sind, nicht nur eine funktionsgerechte Reposition, sondern eine völlige Wiederherstellung der Kongruenz der Gelenkflächen anzustreben, was meist nur operativ zu gewährleisten ist (75, 78).

Im vorliegenden Krankengut wurden die Ergebnisse konservativer Behandlung von Patienten mit Frakturen speziell im Humerusschaftbereich ausgewertet. Ein deutlicher Häufigkeitsgipfel konnte im Kindesalter festgestellt werden. Als Ursache sind die im Spielalter gehäuft auftretenden Verletzungen am Oberarm infolge von Sturz, Rauferei, Spiel u.a. anzusehen. Andererseits handelt es sich dabei meist um einfache Bruchformen, die sich konservativ behandeln lassen.

Der raschere Knochenschwund bei alten Frauen im Vergleich zu altersgleichen Männern, - auch als Postmenopausen - Osteoporose infolge mangelnden Östrogeneinflusses bezeichnet - , macht sich auch im vorliegenden Krankengut bemerkbar: Ab dem sechsten Lebensjahrzehnt überwiegen die Frakturen weiblicher Patienten. Ursächlich sind auch die häufigeren Stürze im Alter zu bedenken.

Gegenüber der in der Literatur angegebenen Häufung von einfachen Bruchformen wie Dreh-, Quer- und Biegungsbrüche (28, 57, 59, 89, 95) fand sich im vorliegenden Patientengut eine signifikante Erhöhung der Mehrfragment- und Trümmerbrüche. Dies entspricht der Rate an Verkehrsunfällen, bei denen der Arm einer starken direkten Gewalteinwirkung mit zusätzlicher Scherkraft ausgesetzt ist (13). Dadurch wird auch die hohe Zahl an z.T. schweren Nebenverletzungen verständlich:

Knieverletzungen durch Aufprall gegen das harte Armaturenbrett; Schädel- und Schädelbasisbrüche durch Anprallverletzungen; Verletzungen von Thorax- und Bauchorganen u.a..
Als schwerste unfallbedingte Nebenverletzung trat eine vollständige Plexus-brachialis-Lähmung mit Radialis-, Medianus- und Ulnarisparese sowie Hornersyndrom auf, was durch ein Trauma der Rückenmarkswurzeln C_5 - D_1 bedingt war.

Isolierte Radialisläsionen finden sich am häufigsten nach Frakturen distal des oberen Drittelpunktes des Humerus. Die prognostisch ungünstigsten Radialisschäden beobachtet man nach Splitter-, Spiral- und Querfrakturen, da in diesen Fällen mit einer Interposition des N. radialis zwischen den Fragmenten gerechnet werden muß (62). Im vorliegenden Krankengut fand sich weder eine primäre Radialisparese, da in diesen Fällen bisher die frühe operative Exploration des Nerven bevorzugt wurde, noch eine sekundäre Radialisschädigung.

Von den 62 konservativ behandelten Patienten konnten 24 ausschließlich ambulant versorgt werden, 38 wurden stationär aufgenommen. Was die Dauer des stationären Aufenthaltes anbelangt, müssen zwei Patientengruppen unterschieden werden:
Bei 19 Patienten, die lediglich leichtere Begleitverletzungen hatten oder eine nur stationär durchführbare Behandlungsmethode (Thoraxabduktionsverband, Extensionsverfahren) erhielten, betrug sie durchschnittlich 9,3 Tage. Die restlichen (meist polytraumatisierten) Patienten, bei denen die Schwere der Nebenverletzungen die Dauer des Klinikaufenthaltes bestimmte, mußten durchschnittlich 6 Wochen in klinischer Behandlung bleiben.
Insgesamt gesehen bedeutet dies, daß ein großer Anteil der Verletzten (70%) ohne oder mit nur sehr kurzem Klinikaufenthalt behandelt werden konnte. Dies ist mit Sicherheit ein mehr als zufriedenstellendes Ergebnis verglichen mit Literaturangaben von Nitzsche u.a. (28, 59, 95), die bei konservativer Therapie über Krankenhausaufenthaltszeiten von 18,4 bis

29,9 Tagen berichten. Die Gegenüberstellung mit Spitalaufenthaltszeiten nach Osteosynthesen von 19,3 Tagen (nach Bündelnagelung (3)) bis zu 38,4 Tagen (28) zeigt, daß konservative Verfahren mit Sicherheit keine längere klinische Verweildauer als operative erfordern.
Zudem wird noch mehr als bisher versucht, die konservative Therapie ambulant durchzuführen; in das Krankenhaus sollen nur die Patienten aufgenommen werden, die polytraumatisiert sind, alleine wohnen und keine Pflege haben. Denn entscheidend für die Leistungsfähigkeit einer Methode sind neben den Spätergebnissen auch der zeitliche und finanzielle Aufwand, mit dem diese Resultate erzielt worden sind (59).

Die Quote der offenen Frakturen am Oberarm wird in der Literatur mit 3 bis 6% beschrieben (76, 89). In unserem Krankengut lag sie mit 5% ebenfalls in diesem Bereich.
Eine Infektion ist wegen der guten Weichteilbedeckung des Humerus ein sehr seltenes Ereignis und daher sicher geringer einzuschätzen als nach Frakturen anderer Knochen (6, 9). Aber auch am Humerus ist das Risiko einer Infektion bei Entschluß zu einer Osteosynthese höher anzusetzen als bei konservativer Therapie; denn durch jede Operation wird eine geschlossene Fraktur zu einer offenen.

Bei einem Patienten unseres Krankengutes war eine Infektion Grund für eine verzögerte Heilung. Sie führte zu einer Entzündung im Frakturbereich mit breiter Resorptionszone und Sequesterbildung. Dennoch war nach drei Monaten die ehemalige Bruchstelle knöchern fest konsolidiert, so daß man von einer Pseudarthrose im eigentlichen Sinn nicht sprechen kann. Dasselbe gilt für den zweiten Patienten, dessen Fraktur verzögert heilte: Nach Refraktur infolge Sturzes wurde eine Thoraxabduktionsschiene angelegt, die wahrscheinlich Instabilität am Bruchspalt induzierte und so zur Verzögerung im Heilverlauf führte. Die Zahlen einer Sammelstatistik von 1638 Frakturen zeigen, daß die Pseudarthrose nach konservativer

Behandlung mit o,6% nur eine seltene Komplikation darstellt, aber um mehr als das zehnfache, nämlich auf 7,5% nach operativem Eingriff ansteigt (57).

Diskussion der Ergebnisse und Indikationsbereiche der verschiedenen konservativen Behandlungsverfahren:

Unter den konservativen Behandlungsmethoden wurde der Desault-Verband 22 mal, der Hängegips 18 mal, die Kombination von Hängegips und Desault-Verband 5 mal, eine Abduktionsbehandlung mittels Thoraxabduktionsgips oder Abduktionsschiene 8 mal, die U-Schiene nach Böhler 5 mal, eine Extensionsbehandlung und die rein funktionelle Behandlung nach Poelchen je 2 mal angewandt. Bei einer Reihe der konservativ behandelten Patienten wechselte man im Verlauf die zu Beginn gewählte Form der Frakturversorgung, z.T. modifizierte man ein Verfahren:

Desault - Thoraxabduktionsgips (2x)
Extensionsbehandlung - Hängegips (2x)
U-Schiene - Desault (1x)

Bei weiteren 4 Verletzten wurde ein Oberarmhängegips für 2bis 4 Tage bis zur Abschwellung belassen, danach wurde jeweils ein Desault-Verband angelegt. Dieser mehrfache Wechsel vom Hängegips auf einen Desault-Verband wurde vorgenommen, da diese Patienten von auswärts eingewiesen wurden und man sie daher erst nach einigen Tagen zu sehen bekam.

Die konservativen Verfahren im einzelnen:

Desault-Verband:

Er war mit 22 Anwendungen im Untersuchungszeitraum der am häufigsten applizierte Verband bei Frakturen am Oberarmschaft. 12 dieser Patienten konnten ambulant behandelt werden, während die übrigen 10 Patienten wegen Nebenverletzungen in der Klinik behalten wurden. Von 20 Patienten lagen funktionelle Spätresultate vor. In 19 Fällen waren diese gut bzw. sehr gut, wobei 3 Verletzte eine geringgradige Beweglichkeitseinschränkung im

Ellenbogen mit einem Streckdefizit von 10 - 20° und eine herabgesetzte Muskelkraft mit Umfangsdifferenz von 1-2 cm gegenüber dem gesunden Oberarm zeigten. Ein 33-jähriger Patient allerdings hatte ausgeprägte Gelenksbeweglichkeitseinschränkungen, insbesondere des Schultergelenks, daneben Parästhesien und Durchblutungsstörungen am betroffenen Arm. Dieser Patient hatte sich bei einem Verkehrsunfall eine Mehrfragmentfraktur im mittleren Drittel des rechten Oberarms zugezogen. Wegen starker Antekurvationsstellung der Fragmente und im Röntgenbild erst verzögert sichtbarer Callusbildung wurde der gebrochene Arm für 5,5 Wochen im Desault-Verband ruhiggestellt. Die Ursache für dieses eine ungenügende Resultat dürfte daher in der übermäßig langen Fixierung gesenen werden, die im Durchschnitt 3 Wochen nicht überschreiten sollte, da die Verbandsanordnung eine Übungsbehandlung von Schulter- und Ellenbogengelenk nicht zuläßt (8).

Der Desault-Verband gilt heute vielfach als die Methode der Wahl in der konservativen Therapie des Oberarmbruches (6, 7, 57, 59, 65). Seine Vorzüge sind die einfache und schnelle Applikation, verbunden mit der ambulanten Anwendbarkeit. Das Verfahren ist für Kinder wie für betagte Patienten gleichermaßen geeignet.
Böhler (7) sieht die Vorteile des Desault-Verbandes vor allem bei Quer- und Stückfrakturen, wobei bei reinen Querbrüchen ohne Verkürzung und Seitenverschiebung die Bruchstücke gestaucht werden sollen. Bei beträchtlicher Adipositas allerdings eignet sich dieser Verband weniger gut, da eine Stabilisierung der Fragmente nur unzureichend zu gewährleisten ist (65).

Insgesamt hat sich der Desault-Verband auch an der Chirurgischen Universitätsklinik Würzburg gut bewährt.

Hängegips:

Von 18 Verletzten, bei denen dieses Verfahren angewandt wurde, konnten bei 16 Personen Spätresultate ermittelt werden. Dabei fiel die hohe Zahl (25%) an schlechten Ergebnissen ins Auge. Zudem konnten nur 7 der 18 Patienten unseres Krankengutes mit

diesem Verfahren ambulant behandelt werden.
Am häufigsten waren Immobilisationsschäden am Ellenbogen (5x), der durchschnittlich für 40 Tage im Gips fixiert wurde, aufgetreten, daneben Inaktivitätsatrophien der Muskulatur (5x) sowie Sensibilitätsstörungen (4x).

Das in 2 Fällen aufgetretene noch gradige Abduktionsdefizit von 90° im Schultergelenk ist möglicherweise auf eine Vernachlässigung der krankengymnastischen Nachbehandlung zurückzuführen. Denn vor allem das Schultergelenk führt schon nach kurzfristiger Ruhigstellung zu schwer reparablen Kapselschäden (1, 67). Dies ist aber umso mehr verwunderlich, als der Hängeverband eine sofortige Übungsbehandlung vornehmlich des Schultergelenks nicht nur erlaubt, sondern geradezu erfordert, was Boettcher (8) veranlaßte, in diesem Verband die Vorteile der konservativen Therapie mit denen der operativen verbunden zu sehen.

Ähnlich dem Desault-Verband ist er für den Patienten relativ bequem zu tragen und bindet ihn nicht ans Bett. Mann und Neal (47) betonen, daß durch die Frühaktivierung des Schultergelenks die stationäre Verweildauer verkürzt werden könne. Andererseits erfordere seine Anwendung eine genaue technische Ausführung sowie einen kooperativen und verständnisvollen Patienten (57)..

Während manche Autoren den Indikationsbereich vor allem in verkürzten Schrägbrüchen oder allgemeiner in Frakturen mit Fehlstellung und insbesondere Verkürzung sehen - durch die Schwere des Humerus und das Gewicht des Verbandes erfolge eine Reposition von selbst (47, 72) -, hält ihn Böttcher (8) für jeden Frakturtyp am Oberarm anwendbar, verkennt aber nicht die Gefahr einer Pseudarthrose, die durch zu hohes Extensionsgewicht oder mehrfache Repositionen erfolgen kann.

An der Chirurgischen Universitätsklinik Würzburg wird der Hängegips für nicht gut für Schaftfrakturen des Humerus angesehen, da das obere Gipsende meist auf Höhe der Fraktur liegt und daher keinerlei Stabilität bewirkt oder sogar durch das Hypomochlion des oberen Gipsendes Bewegung in der Fraktur induziert

wird. Aus diesen Gründen wurde auch den Patienten, die von auswärts mit einem Hängegips eingewiesen wurden, ein Desault-Verband angelegt.

Desault-Verband + Hängegips oder U-Gips:

Dieses kombinierte Verfahren erbrachte bei den 4 so behandelten Patienten durchwegs gute Ergebnisse. Nach einer dreiwöchigen Applikation des Desault-Verbandes wird, wenn durch das Gewicht des Oberarms und seine Verankerung zwischen den verschiedenen Muskelgruppen die Fehlstellung weitgehend ausgeglichen ist, bis zur endgültigen knöchernen Überbrückung ein U-Gips oder Hängegips angelegt, der bei Spiralbrüchen 2-3 Wochen, bei den übrigen Brüchen, vor allem Querbrüchen 3-4 Wochen betragen sollte (57, 65, 89). Zudem kann eine während der Behandlung sich entwickelnde Achsenknickung vor Anlegen des U-Gipses noch ausgeglichen werden.

Abduktionsverbände:

Mit dem Thoraxabduktionsgips und der Abduktionsschiene wurden 8 Frakturen versorgt, davon allein 7 kindliche Brüche, die alle Spiralfrakturen waren. Ihre Spätresultate waren ausnahmslos sehr gut (7 Pat.) bzw. zufriedenstellend (1 Pat.). Obwohl in Abduktionsstellung keine gute Ruhigstellung zu erzielen ist (6) und der Verband den Arm in unphysiologischer Mittelstellung fixiert, sind die Erfolge gerade bei den kindlichen Frakturen nicht zu verkennen. Es bewahrheitet sich auch hier, daß der wesentlichste Faktor für eine erfolgreiche Bruchbehandlung am Oberarm die Vermeidung einer Distraktion ist. Die Fixierung, auch wenn sie oft instabil erscheint, wird durch die sich mehr oder minder egalisierenden Zug- und Biegekräfte der verschiedenen Muskelgruppen erreicht, die dem Oberarm eine schienende Ummantelung geben.
Dennoch ist die Anwendung der Abduktionsschiene im Erwachsenenalter nahezu vollständig durch die Adduktionsverbände verdrängt, die eine bessere Ruhigstellung gewährleisten und damit

Dislokationen und Distraktionen vermeiden lassen. Zudem führt die Verbandsanordnung zu einer Einschränkung der Atmung, was für betagte Patienten sehr belastend ist (28, 65).

U-Schiene:

Sie erbrachte den 4 Patienten, bei denen sie Verwendung fand, sehr gute funktionelle Resultate mit nur in einem Fall geringgradiger Extensionseinschränkung des Ellenbogens, die jedoch subjektiv nicht als störend empfunden wurde.

Häufig wird heute die U-Schiene in Verbindung mit dem Desault-Verband eingesetzt, findet aber bei einfachen Bruchformen auch alleinige Anwendung. Cartner (14) stellt als Vorteile das leichte Anlegen, die gute Einstellung der Bruchachsen und die sichere Ruhigstellung heraus, die in seinem Krankengut zu keinerlei Heilungsstörungen oder Gelenksteifen führten, zumal Handgelenk und Ellenbogen zum größtenteil aktiv bewegt werden könnten. Bei Querfrakturen sollte eine Längsstauchung erfolgen und dieser Druck über einen Verband zur Schulter der gesunden Seite aufrechterhalten werden (34, 48, 65).

Extensionsbehandlung:

Sie fand im untersuchten Zeitraum nur zweimal Verwendung. Bei dem einen Patienten erbrachte sie ein sehr gutes Ergebnis ohne Funktionseinbuße. Der andere Patient - es handelte sich um eine Trümmerfraktur mit kompletter Plexus-brachialis-Lähmung - zeigte nach 2,5 Jahren noch eine vollständige Paralyse der betroffenen rechten Gliedmaße mit Schulterhochstand und Scapula alata, was aber nicht der Methode anzulasten ist, sondern eine unmittelbare Unfallkomplikation darstellte.

Da die Drahtextension durch das Olecranon an einen stationären Aufenthalt gebunden, umständlich und mit großem Zeitaufwand verbunden ist, wird sie bei Humerusschaftfrakturen - wenn überhaupt - nur noch bei Mehrfragmentbrüchen mit ausgedehnten Weichteilverletzungen angewandt (34).

Brewka (9) führt eine Drahtextension am Olecranon auch bei Frakturen durch, die infolge starken Muskelzuges nicht befriedigend reponiert werden können. Da die Stärke des Extensionszuges genau einstellbar ist, sollen zunächst in 2- bis 3-tägigen Abständen Röntgenkontrollen durchgeführt werden, um eine Distraktion zu vermeiden und damit einer drohenden Pseudarthrose vorzubeugen.

Rein funktionelle Behandlung:

Zwei unvollständige Oberarmschaftfrakturen bei Kindern - eine Grünholzfraktur und eine Infraktion - wurden einer rein funktionellen Behandlung zugeführt und zeigten beide sehr gute Ergebnisse.

Die Vielzahl der hier beschriebenen konservativen Behandlungsmethoden und ihre mannigfachen Modifikationen machen deutlich, daß es kein Verfahren gibt, das für jeden Patienten und jede Fraktur geeignet wäre. Die Behandlung muß vielmehr individuell angepaßt werden und viele Faktoren, wie Alter, Frakturform, Frakturlokalisation, Grad der Fehlstellung, Nebenverletzungen und nicht zuletzt den Patienten als Ganzes in seiner sozialen, physischen und psychischen Situation berücksichtigen.

Der Erfolg jeder Knochenbruchbehandlung aber steht und fällt mit der richtigen und konsequenten Nachbehandlung, die sich nicht auf eine Bewegungstherapie nach Abschluß der ruhigstellenden Behandlung beschränken darf. Nur durch aktive Übungsbehandlung aller nicht fixierten Gelenke - unmittelbar nach der Frakturversorgung beginnend - sowie Atem- und Stoffwechselgymnastik lassen sich Immobilisationsschäden vermeiden, zumal bei besonders gefährdeten älteren Personen.
Allerdings dürfen auch nicht die Gefahren einer allzu frühzeitigen und übermäßigen Beanspruchung verkannt werden (67).

Vergleichende Betrachtung von konservativer und operativer Behandlung der Oberarmschaftfraktur und Schlußfolgerungen:

Verschiedene konservative Verfahren stehen in der Behandlung von Oberarmschaftbrüchen operativen Methoden gegenüber. Um das Ziel jeder Frakturbehandlung, nämlich die Wiederherstellung der vollen Funktion in möglichst kurzer Zeit und unter geringem Aufwand auch am Oberarm optimal verwirklichen zu können, muß stets die Sonderstellung des Humerus unter den Frakturen der langen Röhrenknochen berücksichtigt werden (78, 89):

- Da der Humerus keinen statischen Belastungen ausgesetzt ist, kommt der Frakturstellung und damit der Achse des Oberarms nur eine untergeordnete Bedeutung zu. So können Seitenverschiebungen bis zu voller Schaftbreite, Achsenknickungen bis zu 20° und Verkürzungen von 1 bis 2 cm geduldet werden, ohne daß daraus nachteilige Folgen für die Funktion entstehen. Lediglich Rotationsfehler sollten vermieden werden (9, 51, 76, 78, 89).
- Zudem kann eine kostensparende ambulante Behandlung durchgeführt werden, sofern keine komplizierenden Nebenverletzungen vorliegen.
- Der stark ausgeprägte Muskelmantel dient dem Humerusknochen als Schiene, so daß mit einfachen Verbänden (Desault, U-Schiene) eine gute Stellung der Fragmente mit nur geringer Gefanr der Instabilität erreicht werden kann.
  Eine Diastase der Fragmente tritt am Oberarmschaft wegen der kontrahär wirkenden Muskelzüge so gut wie nie auf. Kommt es aber bei einer Querfraktur einmal zu einer geringen Distraktion, so kann ihr durch Längsstauchung und entsprechende Verbandstechnik leicht entgegengewirkt werden.

Der Vorteil der stabilen Osteosynthese besteht in der frühzeitigen Mobilisierung von Schulter- und Ellenbogengelenk und damit in der Vermeidung der sogenannten Frakturkrankheit mit Gelenkversteifung und Muskelatrophie (8, 76).

Eine ideale anatomische Stellung der Fragmente, wie sie durch die operative Fixierung erreicht wird, ist nur für die untere Extremität anzustreben, an der eine Fehlstatik schwere Folgen nach sich ziehen kann (6).

Der Vorteil der Frühmobilisierung wird aber immer mit der höheren Gefahr der Knocheninfektion, der Pseudarthrose und speziell am Oberarm mit der Gefahr einer sekundären Radialisverletzung erkauft. Jede Operation birgt zudem Risiken in sich, bedingt durch Narkose, Thrombenbildung und schlechten Zustand der Weichteile (Schürfung, Quetschung, Hämatome).
Die Infektionsrate ist zwar durch die Fortschritte der Intensivpflege, der Operationstechnik und der therapeutischen Möglichkeiten erheblich zurückgegangen, sie stellt aber immer noch eine ernste Gefahr dar, die bei konservativer Therapie nicht vorhanden ist (36).
Ganz abgesehen von der Narbe, die jede Operation hinterläßt, muß im Normalfall nach einer Plattenosteosynthese der Frakturbereich zur Metallentfernung ein zweites Mal eröffnet werden: Durch Präparation im Narbengewebe wird die Quote sekundärer Radialisfunktionsstörungen weiter erhöht (62).

Pseudarthrosen werden zwar übereinstimmend als vermeidbare Behandlungsfolge betrachtet, deren Ursachen gleichermaßen in einer fehlerhaften konservativen wie auch operativen Behandlung liegen (6, 42, 68). Es hat sich aber gezeigt, daß nach operativer Therapie fast doppelt so viele Pseudarthrosen auftraten als nach konservativer Therapie (3, 38, 63).

Neben dem sehr viel größeren Aufwand an Material, Zeit und Personal kann bei einer Osteosynthese schon der kleinste technische Fehler zum Ausbleiben der Bruchheilung führen (75).

Speziell bei der Bündelnagelung, die für viele Autoren (12, 46, 89, 95) zum Verfahren der Wahl bei Quer- und Schrägbrüchen des Humerusschaftes geworden ist, werden der große apparative Aufwand mit einem Repositionsgerät und die Notwendigkeit, während des gesamten Nagelvorganges mit Bildverstärkerkontrollen Röntgendurchleuchtungen durchführen zu müssen, als Negativum angeführt (83).

Die konservative Frakturbehandlung kann zwar ebenfalls durch Pseudarthrose oder Infektion kompliziert sein, ihre Rate steht aber in keinem Verhältnis zu der nach Osteosynthesen. Die entscheidenden Schwierigkeiten und Fehlermöglichkeiten nach konservativer Frakturbehandlung liegen vielmehr in den möglichen Ruheschäden an Muskulatur, Knochen und Gelenken. Nur die konsequente Vermeidung übermäßig langer Ruhigstellung führt letztendlich wieder zum vollen Funktionsgebrauch des verletzten Armes (1, 4, 17, 67). Besondere Aufmerksamkeit ist auch auf die richtige Schienung der Extremität zu legen, um Druckschäden über dem geschwollenen oder schwellenden Frakturbereich zu verhindern (67).

Die konservative Frakturbehandlung des Oberarmschaftes weist als Vorteile alle Faktoren auf, die eine Operation belasten:

- Geringes Infektionsrisiko
- Weniger Pseudarthrosen
- Sehr seltene sekundäre Radialisschädigung
- Kein Operationsrisiko, zudem keine Metallentfernung erforderlich
- Bedeutend geringerer personeller, zeitlicher, finanzieller und technischer Aufwand; daher auch an kleinen Krankenhäusern ohne besondere klinische und apparative Einrichtungen durchführbar

Außerdem - und dies ist besonders wichtig - ist die konservative Behandlung am Oberarm ambulant durchführbar. Der Patient ist mobilisierbar, sofern nicht Begleitverletzungen einen Klinikaufenthalt erfordern.

Eine Vielzahl von Möglichkeiten steht zur Verfügung, die allen Patienten durch individuelle Anpassung eine optimale Therapie ermöglicht. Verbände mit Frühaktivierung der Gelenke werden bevorzugt, da Schulter- und Ellenbogengelenk schon nach kurzfristiger Ruhigstellung zu schwer reparablen Kapselschrumpfungen neigen (8).

Die den Patienten belastenden Abduktionsverbände sollten vor allem alten, lungen- und kreislaufkranken Personen erspart bleiben. Wann immer möglich, sollte man Adduktionsverbände, insbesondere den Desault-Verband, anwenden und die Inaktivität auf eine möglichst kurze Zeitspanne beschränken.

Regelmäßige Röntgenkontrollen dienen der Überwachung der Fragmentstellung und der Beurteilung des Heilungs- oder Festigkeitsstadiums (98).

Einen wichtigen Teil der konservativen Therapie stellt - wie immer wieder betont - die krankengymnastische Behandlung dar, die möglichst bald nach Therapiebeginn zielstrebig durchgeführt werden sollte. Dadurch kommt es in kurzer Zeit zur Wiedererlangung der vollen Beweglichkeit (9, 51, 67, 76).

Konservative und operative Therapie dürfen dennoch nicht miteinander konkurrieren, sondern müssen sich ergänzen. Denn führt eine unblutige Behandlung - aus welchen Gründen auch immer - in einer ausreichenden Zeitspanne nicht zur Heilung, muß die operative Revision durchgeführt werden.

Als eindeutige Indikationen zur operativen Therapie der Oberarmschaftfraktur werden in der Literatur angegeben (28, 52, 85):

- Offene Frakturen III. und evtl. II. Grades: Ziel ist die Infektionsprophylaxe durch Stabilisierung.
- Interposition von Weichteilen mit Störung der Funktion des N. radialis und/oder Gefäßverletzungen.
- Polytraumatisierte Patienten aus pflegerischen Gründen
- Pseudarthrosen des Oberarmschaftes

Es soll und darf aber weder in der Ausbildung noch in der Ausübung die bewährte konservative Knochenbruchbehandlung etwa vernachlässigt oder gar verpönt werden; sie wird stets Grundlage der Frakturheilkunde bleiben. Ihre Ergänzung durch die heute vielfältigen Möglichkeiten der operativen Osteosynthese bedeutet allerdings eine wesentliche Bereicherung unserer Therapie (27).

G. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit den Ergebnissen nach konservativer Frakturbehandlung am Oberarmschaft.

Nach kurzer Darstellung der topographischen Anatomie, der Frakturursachen und -formen werden anhand eines Literaturüberblicks die Frakturheilung und -heilungsstörungen beschrieben, die bei Oberarmschaftfrakturen auftreten können.

Der folgende zentrale Abschnitt der Arbeit ist der Therapie der Humerusschaftfraktur gewidmet. Neben der historischen Entwicklung und der therapeutischen Sonderstellung, die der Oberarm u.a. dadurch einnimmt, daß er keiner statischen Belastung ausgesetzt ist, werden die verschiedenen konservativen Behandlungsmethoden näher beschrieben und der operativen Therapie gegenübergestellt.

Es folgt die Auswertung der Krankenunterlagen von 62 ambulant und/oder stationär behandelten Patienten der Chirurgischen Universitätsklinik und Poliklinik aus den Jahren 1969 bis 1975. 24 dieser Patienten konnten ausschließlich ambulant behandelt werden.
Gegenüber den Literaturangaben fällt eine signifikante Erhöhung der Mehrfragment- und Trümmerbrüche auf (42%), bedingt wahrscheinlich durch die ebenfalls hohe Quote an Verkehrsunfällen.
In der Therapie fanden am häufigsten der Desault-Verband (22), der Hängegips (18) und der Thoraxabduktionsgips (8) Anwendung.

Die Untersuchungen zur Beurteilung der Spätergebnisse wurden 2 bis 7 Jahre nach dem Unfallereignis vorgenommen. Dabei konnte bei 56 Verletzten ein konkretes Spätergebnis ermittelt werden. Bei der Beurteilung wurde besonders das funktionelle Resultat berücksichtigt.

In fast 90% konnte ein gutes und sehr gutes Ergebnis erzielt werden. Nur beim Hängegips war die Komplikationsrate mit 25% relativ hoch.
Es wird in diesem Zusammenhang auf die besonders wichtige krankengymnastische Nachbehandlung sowie Atem- und Stoffwechselgymnastik, letztere vor allem bei älteren Patienten, hingewiesen.

Insgesamt zeigte sich, daß gerade am Oberarm mit einer individuell ausgerichteten konservativen Benandlung fast immer ein gutes Ergebnis zu erzielen ist. Vorteile liegen auch in der viel günstigeren und bequemeren ambulanten Behandlung, daneben in dem geringeren Infektionsrisiko, der geringeren Quote an Pseudarthrosen und sekundären Radialisläsionen und nicht zuletzt im bedeutend geringeren personellen, zeitlichen und apparativen Aufwand der konservativen Behandlung.

H. LITERATURVERZEICHNIS

1. ALLGÖWER, M. Allgemeine und spezielle Chirurgie
Springer Verlag, 3. Auflage (1976)

2. BAUMANN, E. Verstümmelung von Hand und Vorderarm infolge offener Monteggia-Verletzung, Volkmannscher Kontraktur und zirkulären Gipsverbandes
Therap. Umschau 30 (1973) 877-880

3. BECK, E. Pathogenese und Behandlungsergebnisse der Oberarmschaftpseudarthrose
Zbl. Chir. 98 (1973) 1048-1053

4. BECK, H. Fehler bei der Nachbehandlung von Osteosynthesen
Chirurg 43 (1972) 109-111

5. BENNINGHOFF, A.; GOERTTLER, K.
Lehrbuch der Anatomie des Menschen
Band 1, 11. Auflage (1975)
Urban & Schwarzenberg

6. BÖHLER, L. Die Technik der Knochenbruchbehandlung
12./13. dtsch. Auflage, Band 2
Teil 2 und Ergänzungsband 2267-2430
Maudrichverlag Wien (1963)

7. BÖHLER, L. Gegen die operative Behandlung von frischen Oberarmschaftbrüchen
Langenb. Arch. klin. Chir. 308 (1964) 465-476

8. BÖTTCHER, I., u.a.
Behandlung von Oberarmschaftbrüchen mit dem sog. Hängeverband
Zbl. Chir. 95 (1970) 254-257

9. BREWKA, N., u.a. Die Oberarmschaftfraktur - eine Indikation zur Osteosynthese
Zbl. Chir. 97 (1972) 1667-1670

10. BRISMAR, B., SPANGEN, L.
Fracture of the humerus from arm wrestling
Act. Orth. Scand. 46 (1975) 707/708

11. BROOS, P. Radial nerve lesions due to fracture the humerus
Act. Chir. Belg. (1974) 640-652

12. BRUG, E. Die operative Stabilisierung der Oberarmschaftfrakturen mit dem Bündelnagel nach Hackethal
Mschr. Unfallhk. (1975) 245-253

13. BÜRKLE DE LA CAMP
Handbuch der gesamten Unfallheilkunde
3. Auflage Bd. 3, Stuttgart (1965)

14. CARTNER, M.J. Immobilization of fractures of the shaft of the numerus
Injury 5 (1973) 175-179

15. CHAMPETIER, J. Treatment of fractures of the humerus by intramedullary fixation
J. Chir. (Paris) (1975) 75-82

16. CHAMPIONNIÈRE - LUCAS
Le massagé et la mobilisation dans ie traitment de fractures théorie et practique, indications, applications.
Coccoy, Paris (1889)

17. COTTA, H. Die Nachbehandlung von Oberarmschaftfrakturen
Lang. Arch. Klin. Chir. 332 (1972) 399

18. CROCK, H.V. Design and applications of an new device for the internal fixation of bones
Med. J. Austral. (1975) 510-512

19. DEREUNE, J.P. Treatment of humeral fractures with Hackethal's method of centromedullary nailing
Act. Orth. Belg. (1973) 561-571

20. DINTIMILLE, H. The treatment of fractures of the humeral diaphysis by means of suspended plaster casts
Bull. Soc. Med. Afr. Noire (1975) 330-6

21. DUNCAN, D.M. Fracture of the humerus and radial nerve palsy
Minnesota Med. 57 (1974) 659-662

22. ECKE, H. Komplikationen der Oberarmschaftfraktur
Lang. Arch. Klin. Chir. (1972) 395-398

23. FRANK, E. Die konservative Behandlung des Oberarmschaftes
Klin. Med. 18 (1963) 257

24. FREULER, F.; Wiedmer, U.; Bianchini, D.
Gipsfibel 1
Springer Verlag 1975

25. FRIEDRICH, B. Biomechanische Stabilität und posttraumatische Osteitis
Hefte z. Unfallhk. 122 (1975)

26. FRIEDRICH, B. Vorlesung: Traumatologie I und II
1976/77

27. FRIEDRICH, B. Die Konsequenzen der operativen Knochenbruchbehandlung für eine primäre und sekundäre Frakturheilung
Manuscript eines Vortrages

28. FRIEDRICH, U. Indikationen zur konservativen und operativen Behandlung von Oberarmschaftfrakturen
Beitr. Orth. Traum. 21 (1974) 63-69

29. GIEBEL, M.G. Grundsätzliche Indikationsfehler bei konservativer Knochenbruchbehandlung
Lang. Arch. Klin. Chir. 327 (1970) 817-821

30. GÖKSAN, A. Biomechanic study of methods in conservative treatment of fractures of the humerus
Türk Tip Cemiyeti Mecummas (Istanbul) 35 (1969) 442-451

31. GRÜNERT, A.; RITTER, G.; WALDE, H.J.
Spezielle Verbundosteosynthese für den Oberarm. Experimentelle Untersuchungen und klinische Erfahrungen.
Beih. z. Unfallhk. 126 (1975) 360-363

32. HARMS, J.; ARENS, W.
Zur operativen Behandlung von Oberarmschaft-Pseudarthrosen
Mschr. Unfallhk. 76 (1973) 40

33. HOLLE, F.; SONNTAG, E.
Grundriss der gesamten Chirurgie
Springer Verlag 7. Auflage (1960)

34. HOLM, C. Management of humeral shaft fractures
Fundamental nonoperative technics
Clin. Orth. 71 (1970) 132-139

35. HOLSTEIN, A.; LEWIS, G.B.
Fractures of the humerus with radial-nerve paralysis
J. Bone Jt. Surg. (1963)

36. KERN, E. Allgemeine Chirurgie
Springer Verlag (1967)

37. KEY, J.A.; CONVELL, H.E.
Management of fractures, dislokations and sprains
St. Louis, Mosby (1956) 419

38. KLEMS, H.; NOACK, W.
Ursachen und Behandlung der verzögerten Heilung von Pseudarthrosen nach Oberarmschaftfrakturen
Arch. Orth. Unfallhk. 85 (1976)

39. KNÖFLER, E.W. Die biomechan. Induktionen bei der Knochenbruchheilung
Beilageheft z. Bd. 104 d. Zschr. f. Orth. (1967)

40. KOKINO, M.J. Modified hanging cast method for the treatment of diaphyseal fractures of the humerus
Turk Tip Dern Derg (1974) 42-55

41. KONDSI, F.; KIRSCHNER, P.; HERRMANN, G.
Indikationen und Ergebnisse der Plattenosteosynthese bei Oberarmschaftfrakturen
Beih. Unfallhk. 129 (1977) 396-400

42. KÜNTSCHER, G. Praxis der Marknagelung
Schattauer Verlag (1962)

43. KUNER, E.H. Die Indikation zur Osteosynthese beim kindlichen Knochenbruch
Chir. 46 (1975) 164-169

44. LECHNER, F. Behandlung von Knochenbruchheilungsstörungen mit elektromagnetischen Potentialen
Mschr. Unfallhk. 77 (1974) 245-251

45. LOOMER, R.; KOKAN, P. Non-union in fractures of the humeral shaft
Injury 7 (4) (1976) 274-278

46. LUSSER, G.M. u.a. Indikationen und Ergebnisse der Behandlung von Humerusschaftfrakt. mit der Bündelnagelung
Beih. Unfallhk. 129 (1977) 110-115

47. MANN, R.J.; NEAL, E. Fractures of the shaft of the humerus in adults
South. Med. J. (1965)

48. MAST, J.W. u.a. Fractures of the humerus shaft - a retrospective study of 240 adult fractures
Clin. Orth. (1975) 254-262

49. MATTYSEN, A. Nieuwe wyze van aanwending van het gypsverband bey beenbreucken
Haarlem (1852)

50. MILLARD, L. Depency cast for humerus fractures
J. Ark. Med. Soc. 73 (3) (1976) 151

51. MÖSENEDER, H. Die konservative Behandlung der Oberarmschaftbrüche und ihre Ergebnisse
Mschr. Unfallhk. 68 (1965) 41-45

52. MOSHFEGH, A.R.; RÜEDI, TH.; ALLGÖWER, M. Erfahrungen mit frischen Humerusschaftbrüchen

53. DE MOURGES, G. Recent fractures of the humerus diaphysis
Rev. Chir. Orth. (1975) 191-207

54. MÜLLER, M.E.; ALLGÖWER, M.; WILLENEGGER, H.
Manual der Osteosynthese - AO-Technik
Springer Verlag (1969)

55. MÜLLER, M.E.; PERREN, S.M.
Callus und primäre Knochenheilung
Mschr. Unfallhk. 75 (1972) 442-454

56. MÜLLER, W.; STRUBE, H.D.
Indikation zur Behandlung pathologischer Oberarmschaftfrakturen bei Tumoren und tumorähnlichen Befunden
Beih. Unfallhk. 129 (1977) 400-402

57. MUHR, G.; TSCHERNE, H.; ZECH, G.
Konservative oder operative Behandlung der Oberarmschaftbrüche
Mschr. Unfallhk. 76 (1973) 128-137

58. NEER, C.S. Displaced proximal humeral fractures,I/II
J. Bone Jt. Surg. (1970)

59. NITZSCHE, L. Spätergebnisse nach konservativer Behandlung der Humerusschaftfrakturen mittels Böhlerschen U-Gipsverband
Mschr. Unfallhk. (1966) 69/319

60. PACKER, J.W. The humeral fracture with radial nerve palsy - Is exploration warranted?
Clin. Orth. 88 (1972) 34-38

61. PANITZ, K. Die Prognose von Nervenverletzungen bei Humerusfrakturen
Chir. (1975) 392-394

62. PANNING, B. Radialisparesen nach Humerusfrakturen
Arch. Orth. Unfallchir. 75 (1973) 324-351

63. PAUL, D. Ursachen und Behandlung von Oberarmschaft-Pseudarthrosen
Zbl. Chir. 98 (1973) 1054-1058

64. POEOLAU, P.; DINY, G.
Ergebnisse operativ versorgter Oberarmfrakturen und -pseudarthrosen
Beih. Unfallhk. 129 (1977) 104-106

65. POIGENFÜRST, J. Diaphysäre Oberarmfrakturen
Zbl. Chir. 97 (1972) 1643-1650

66. POIGENFÜRST, J. Verhütung von Mißerfolgen bei konservativer und operativer Therapie
Chir. 43 (1972) 97-100

67. PROBST, J. Fehler bei der Nachbehandlung nach konservativer Knochenbruchbehandlung
Chir. 43 (1972) 105-109

68. RADLOFF, H.; GROHER, W.
Zur Entstehung und Behandlung von Oberarmpseudarthrosen
Arch. Orth. Unfallchir. 71 (1971) 205-215

69. REHN, J. Gedanken zum postoperativen Verlauf von Osteosynthesen
Lang. Arch. Klin. Chir. 327 (1970) 824-826

70. REHN, J. Die posttraumatische Pseudarthrose, ihre Entstehung und Therapie
Hefte z. Unfallhk. 94 (1968)

71. REHN, J. Sekundäre Benandlung der Oberarmschaftfraktur
Lang. Arch. Klin. Chir. (1972) 388-394

72. RIETHUS, G. Verletzungen des N. radialis bei Humerusfrakturen und ihre operative Behandlung
Bruns Beitr. Klin. Chir. 24 (1899) 703ff

73. ROHDE, H.; PELZL, H.; TROIDL, H.
Therapie einfacher Extremitätenfrakturen
MMW 114 (1972) 357

74. RÜEDI, T. u.a. Fresh fractures of the shaft of the humerus - conservative or operative treatment
Rec. Surg. Traum. 14 (1974) 65-74

75. RÜEFF, F.L. u.a. Komplikationen und Fehlergebnisse nach Osteosynthesen am Oberarm
Arch. Orth. Unfallchir. 73 (1972) 327ff

76. RÜEFF, F.L.; PELZL, H.
Zur Behandlung von Oberarmschaftbrüchen
Chir. 38 (1967) 17-19

77. RUSSE, O.A. u.a. Taschenbuch der Gelenkmessung mit Darstellung der Neutral-Null-Methode und SFTR-Notierung
Hans Huber Verlag (1975)

78. SAILER, R.; BÖTTCHER, I.; ST. KOVACICEK
Beitrag zur Behandlung der Oberarmbrüche des Erwachsenen
Chir. 40 (1969) 221-223

79. SCHOLZ, R. Zur Radialisverlagerung bei der Plattenosteosynthese von Oberarmschaftbrüchen im mittleren Drittel
Beih. Unfallhk. 126 (1975) 363-365

80. SCHOLZE, H. Indikationsfehler bei der Behandlung von Oberarmschaftfrakturen
Lang. Arch. Klin. Chir. 327 (1970) 845-846

81. SCHRAMM, W. Fehlergebnisse der Knochenbruchbehandlung bei falscher Indikation und Technik der Osteosynthese
Lang. Arch. Klin. Chir. 327 (1970) 827-828

82. SCHVINGT, E. u.a. Treatment of fractures of the humeral diaphysis in adults by Küntscher's method
J. Chir. (1973) 541-552

83. SCHWEIBERER, L. u.a.
Plattenosteosynthese bei Oberarmschaftfrakturen
Unfallhk. 80 (1977) 231-235

84. SOBOTTA BECHER Atlas der Anatomie des Menschen
Band 1, 17. Auflage (1972)
Urban & Schwarzenberg

85. TERBRÜGGEN, H.; AL HADDAD, H.; WILLENEGGER, H.
Die Indikationen bei Humerusschaftfrakturen als umfassendes Problem
Beih. Unfallhk. 129 (1977) 394-396

86. TISCHER, W. Indikationen und Gefahren der Osteosynthese im Kindesalter
Zbl. Chir. 101 (1976) 129-139

87. TITZE, A. The operative treatment of fractures of the shaft of the humerus
Reconstr. Surg. Traum. Band 14 (1974) 75-83

88. TROJAN, E. Grundsätzliche Indikationsfehler bei geschlossenen Frakturen
Lang. Arch. Klin. Chir. 327 (1970) 840-844

89. TSCHERNE, H. Primäre Behandlung der Oberarmschaftfrakturen
Lang. Arch. Klin. Chir. 327 (1970) 379-385

90. VOORHOEVE, A.; STERNEMANN, H.O.
Indikationen zur operativen Behandlung des frischen Oberarmschaftbruches
MMW 115 (1973) 390-394

91. WALDEYER, A. Anatomie des Menschen II
Walter de Gruyter Verlag (1975)

92. WEBER, B.G. Das Besondere bei der Behandlung der Frakturen im Kindesalter
Mschr. Unfallhk. 78 (1975) 193-198

93. WELLER, S. Allgemeine Indikationsfehler bei der Knochenbruchbehandlung
Lang. Arch. Klin. Chir. 327 (1970) 813-817

94. WELLER, S. Vermeidung technischer Fehler bei der operativen Behandlung von Frakturen
Chir. 43 (1972) 100-104

95. WIEDMER, U. Die Behandlung der frischen Humerusschaftfraktur bei Erwachsenen
Helvet. Chir. Act. 41 (1974) 233-238

96. WHITAKER, J.H. Arm wrestling fractures - a humerus twist
Am. J. Sports Med. 5 (2) (1977) 67-77

97. WHITSON, R.O. Relation of the radial nerve to the shaft of the humerus
J. Bone Jt. Surg. 36/A (1974) 85-88

98. WILHELM, K. u.a. Die Frakturheilung im Röntgenbild bei operativen und konservativen Behandlungsmethoden
Der Radiologe 7 (1969) 209

99. ZIMMERLI, W. Das Sudeck - Syndrom
Therap. Umschau (1969) 156-161

Mein besonderer Dank gilt meinem hochverehrten Doktorvater, Herrn Priv. Doz. Dr. B. Friedrich für die Überlassung des Dissertationsthemas und seine stetige, bereitwillige Unterstützung bei allen offenen Fragen.

Zu besonderem Dank bin ich auch Herrn Dr. H.K. Kaufner verpflichtet, der mir in ständiger Diskussionsbereitschaft bei der Anfertigung dieser Arbeit zur Seite stand.

LEBENSLAUF

Am 20. Mai 1953 wurde ich als zweiter Sohn des Landwirts Bernhard Schneider und seiner Ehefrau Maria Schneider, geb. Meyer, in Hohenweiler/Lkrs. Weissenburg i.Bay. geboren.

Von 1959 bis 1962 besuchte ich die Grundschule meiner damaligen Heimatgemeinde Stirn, jetzt Pleinfeld. Das vierte Grundschuljahr verbrachte ich in Etterzhausen, einer Vorschule des Musikgymnasiums der Regensburger Domspatzen. 1963 wechselte ich nach Regensburg auf das dortige Musikgymnasium über, wo ich 1972 das Abitur ablegte.

Das Studium der Medizin begann ich im WS 1972/73 an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
Im WS 1974/75 legte ich die ärztliche Vorprüfung ab, im WS 1975/76 den 1. Teil und im WS 1977/78 den 2. Teil der ärztlichen Prüfung.
Im Juni 1979 schloß ich mein Medizinstudium mit dem 3. Teil der ärztlichen Prüfung ab.

Rudolf Schneider